Dennert, Eberhard,

<<Die>> Pflanze ihr Bau und ihr Leben

Stuttgart 1895

Sammlung Göschen

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

Mit 96 Abbildungen

von

Dr. E. Dennert

Sammlung Göschen. Je in elegantem Leinwandband 80 Pf.

G. J. Göschen'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

1—9 Klassiker-Ausgaben mit Anmerkungen erster Lehrkräfte und Einleitungen von K. Goedeke.

1. **Klopstocks Oden** in Auswahl. 3. Aufl. 2. **Lessings Emilia Galotti.** 2. Aufl. 3. **Lessings Fabeln** nebst Abhandlungen. 3. Aufl. 4. **Lessings Laokoon.** 3. Aufl. 5. **Lessings Minna von Barnhelm.** 11. Auflage. 6. **Lessings Nathan der Weise.** 5. Auflage. 7. **Lessings Prosa.** Fabeln. Abhandl. üb. Kunst u. Kunstwerke. Dramaturg. Abhandl. Theologische Polemik. Philosoph. Gespräche. Aphorismen. 2. Aufl. 8. **Lessings litterarische u. dramaturg. Abhandl.** 9. **Lessings antiquar. u. epigrammat. Abhandl.**

10 Nibelungen und Kudrun und Mittelhochdeutsche Grammatik von Dr. Golther. 2. Auflage.

11 Astronomie von A. F. Möbius. 8. Auflage. 30 Fig.

12 Pädagogik von Prof. Dr. Rein. 2. Auflage.

13 Geologie von Dr. E. Fraas. Mit 66 Textfig. 2. Auflage.

14 Psychologie und Logik. Einführung in die Philosophie von Dr. Th. Elsenhans. 2. Auflage.

15 Deutsche Mythologie. Von Prof. Dr. F. Kauffmann. 2. Aufl.

16 Griechische Altertumskunde von Dr. R. Maisch. Mit 8 Vollbildern.

17 Aufsatz-Entwürfe v. Prof. Dr. L. W. Straub. 2. Aufl.

18 Menschliche Körper, der Bau und Thätigkeiten von Realschuldir. Rebmann mit Gesundheitslehre von Dr. Seiler. Mit 48 Abbild. 2. Aufl.

19 Römische Geschichte von Gymn.-Rektor Dr. Bender.

20 Deutsche Grammatik und Geschichte der deutschen Sprache von Dr. O. Lyon. 2. Auflage.

21 Lessings Philotas und die Poesie des 7j. Krieges. Ausw. v. Prof. O. Güntter.

22 Hartmann von Aue, Wolfram v. Eschenbach u. Gottfr. von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos von Dr. K. Marold.

23 Walther v. d. Vogelweide mit Ausw. aus Minnesang und Spruchdichtung von Prof. O. Güntter. 2. Aufl.

24 Seb. Brant, Luther, Hans Sachs, Fischart m. Dichtungen des 16. Jahrh. von Dr. L. Pariser.

25 Kirchenlied u. Volkslied. Geistl. u. weltl. Lyrik d. 17. u. 18. Jahrh. bis Klopstock von Dr. G. Ellinger.

26 Physikal. Geographie von Prof. Dr. Siegm. Günther. Mit 29 Abbildungen.

27 Griechische u. Römische Mythologie v. Dr. H. Steuding.

28 Althochdtsche Litteratur m. Grammatik, Uebersetzung u. Erläuterungen von Prof. Th. Schauffler.

29 Mineralogie v. Dr. R. Brauns, Privatdozent an der Universität Marburg. Mit 130 Abbildung.

30 Kartenkunde v. Dir. d. nautischen Schule E. Gelcich u. Prof. O. Sauter. Mit gegen 100 Abbild.

31 Deutsche Litteraturgeschichte von Max Koch, Professor an der Universität Breslau. 2. Aufl.

geschriebenen Einleitungen und Anmerkungen, die im einzelnen (Band 7—10) getroffene Auswahl, nicht minder der **sorgfältige, saubere Druck** verdienen **volle Anerkennung.** Es ist ein **dankenswertes Unternehmen** der Verlagshandlung, in dieser **wirklich schönen Ausstattung gediegene Schulbücher** auch für andere Unterrichtsgegenstände mit erscheinen zu lassen, wie die bekannte, durch den Neubearbeiter noch anschaulicher gewordene **Astronomie von Möbius.** Der Preis ist sehr gering."

Neue deutsche Schule: Ein sehr guter Gedanke, **Nibelungen** und **Kudrun** in geschickter Auswahl darzubieten! Denn beide im Original in ihrer ganzen Ausdehnung dem Schüler darzubieten ist ein Mißgriff — unter vielen anderen Gründen wegen der Gefahr der Langeweile. **Dr. Golther hat seine Aufgabe vortrefflich gelöst:** er bringt das Charakteristische zur Geltung, erläutert die **Grammatik des Mittelhochdeutschen** in gedrängter Kürze, fördert das Verständnis für die Geschichte der deutschen Sprache und fügt ein ausreichendes Wörterverzeichnis bei."

Deutsche Lehrerzeitg., Berlin: „Die sogenannte Sammlung Göschen zeichnet sich schon äußerlich vor manchen Schulbüchern vorteilhaft aus. **Gutes Papier, klarer Druck, handliches Taschenformat** (16 : 11 cm.), **dauerhafter, recht hübscher Leinenband** und **billiger Preis!** Wenn dieses alles das Unternehmen empfiehlt, so **noch mehr** der **treffliche Inhalt.** In knappster, aber doch allgemein verständlicher Form bietet uns **Dr. Fraas** die **Geologie.** Besonders aber hat uns das 14. Bändchen, welches die **Psychologie und Logik** enthält, ungemein angesprochen. **Elsenhans** versteht es, für diesen Lehrgegenstand Interesse zu erregen. Wer größere Werke nicht durchzunehmen vermag, wer halb Vergessenes auffrischen will, wer in Kürze Logik und Psychologie in den Grundzügen in leicht faßlicher Weise sich aneignen will, der greife zu diesem Büchlein. Er wird's nicht bereuen. **Lessings Philotas,** der bekanntlich in antikem Gewand den Geist des siebenjährigen Krieges und vor allem die Denkart Friedrichs des Großen schildert, und die Poesie des siebenjährigen Krieges sind echt patriotische und herzerfreuliche Gaben. Wir können für die Auswahl dankbar sein. Nach den vorliegenden **Bändchen** stehen wir nicht an, die ganze Sammlung aufs angelegentlichste nicht allein zum Gebrauch in höheren Schulen, sondern auch zur Selbstbelehrung zu empfehlen."

Schwäbischer Merkur: Der bekannte Jenaer Pädagog **Prof. Dr. W. Rein** giebt in der „**Pädagogik im Grundriß**" eine **nicht nur lichtvolle,** sondern **geradezu fesselnde** Darstellung der praktischen und der theoretischen Pädagogik. Jedermann, der sich für Erziehungsfragen interessiert, darf man das Büchlein **warm empfehlen.** Nicht minder trefflich ist die Bearbeitung, welche der Marburger Germanist Kauffmann der **Deutschen Mythologie** gewidmet hat. Sie beruht durchaus auf den **neuesten Forschungen,** wie sich an nicht wenigen Stellen, z. B. in dem schönen Kapitel über Baldr, erkennen läßt. Den **tadellosen Druck** und die **hübsche Ausstattung** der „Sammlung Göschen" darf man im Hinblick auf den **billigen Preis** doppelt betonen.

Kleine naturwissenschaftliche Bibliothek.

Jedes Bändchen in eleg. Leinwdbd. 80 Pfg.

Bdch. I. **Der menschliche Körper,** sein Bau und seine Thätigkeiten von Direktor E. Rebmann, nebst kurzer **Gesundheitslehre** von Dr. Seiler. 2. Aufl. mit 48 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 18.

" II. **Tierkunde** von Dr. Frz. von Wagner. Mit etwa 80 Abbildungen. In Vorbereitung.

" III. **Die Pflanze,** ihr Bau und ihr Leben von Dr. E. Dennert. Mit 96 Original-Abbildungen. Sammlung Göschen No. 44.

" IV. **Mineralogie** von Dr. R. Brauns. Mit 130 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 29.

" V. **Geologie** von Dr. E. Fraas. 2 Aufl. mit 66 Abbildungen. Sammlung Göschen No. 13.

" VI. **Physikalische Geographie** von Prof. Dr. Siegmund Gunther. Mit 29 Abbildungen. Sammlung Göschen No 26.

" VII. **Chemie,** anorganische von Dr. Jos. Klein. Sammlung Göschen No. 37.

" VIII. — organische von Dr. Jos. Klein. Sammlung Göschen No 38.

" IX. X. **Physik.** In Vorbereitung.

" XI. **Elektricität** von Dr. G. Albrecht. In Vorber.

Sammlung Göschen

Die Pflanze

ihr Bau und ihr Leben

von

Dr. E. Dennert

Mit 96 Originalabbildungen des Verfassers

Stuttgart
G. J. Göschen'sche Verlagshandlung
1895

Litteratur.

A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig. W. Engelmann. 1877.

E. Strasburger, Das botanische Praktikum. Anleitung zum Selbststudium d. mikrosk. Botanik. Jena. G. Fischer.

K. Goebel, Vergleichende Entwickelungsgeschichte der Pflanzenorgane. Breslau. E. Trewendt. 1883.

F. Pax, Allg. Morphologie der Pflanzen. Stuttgart. F. Enke. 1890.

E. Dennert, Vergleichende Pflanzenmorphologie. Leipzig. J. J. Weber. 1894.

J. Sachs, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. Leipzig. W. Engelmann. 1887.

A. Kerner, Pflanzenleben. Leipzig. Bibliogr. Institut. 2 Bde. 1888 und 1891.

A. B. Frank, Lehrbuch der Botanik. Leipzig. W. Engelmann. 2 Bde. 1892 und 1893.

Druck von Carl Rembold, Heilbronn.

Inhalt.

Vorwort.

Gewiß ist der Mensch von der gesamten ihn umgebenden Natur abhängig: der feste Erdboden trägt ihn und sein Obdach, das Wasser bildet eine ganz unerläßliche Vorbedingung seines Lebens, und viele Tiere liefern ihm wichtige Nahrungsmittel; aber von allen Naturkörpern greift wohl keiner so tief in sein Leben und die Gestaltung seiner Umgebung ein wie die Pflanze.

Denke dir die Erde ohne Pflanzen! sie wäre eine kalte, öde und tote Masse. Denke dir aus der herrlichsten Landschaft, die dein Auge je gesehen, den Pflanzenwuchs fort: sie wird auf einmal den größten Teil ihres Reizes verlieren. Wohl giebt es ja auch Felsenlandschaften, die den Beschauer fesseln wegen ihrer Großartigkeit, allein das Leben fehlt ihnen und kann ihnen erst durch das grüne Gewand der Pflanzenwelt verliehen werden.

Und es kommt noch eines hinzu: die Pflanzen bilden eine unentbehrliche Bedingung für jedes Tierleben, da sie den Tieren unmittelbar oder mittelbar Nahrung liefern. Eine pflanzenlose Landschaft wird also auch der Tiere entbehren müssen: es fehlt ihr nicht nur das lebendige Kleid, sondern auch die lebendige Stimme.

Ist so einerseits das Hauptinteresse des Menschen an der Pflanzenwelt in ihrer Gesamtheit ein ästhetisches, so beansprucht sie andererseits auch in materieller Hinsicht seine

lebhafteste Teilnahme; denn wie das Tier mittelbar oder unmittelbar auf das Pflanzenleben angewiesen ist, so auch der Mensch. Ist es doch, nach Ansicht der Vegetarianer, möglich, daß ein Mensch lediglich von Pflanzenstoffen lebt.

Nichts umgiebt ihn ferner in einer solchen Mannigfaltigkeit, nichts drängt sich ihm geradezu in seiner Umgebung mit solcher Allgewalt auf, nichts kommt ihm auf Schritt und Tritt so unbefangen entgegen, wie die Kinder der Pflanzenwelt. Ein stumpfer Mensch mag sie mit Füßen treten und ein blöder Sinn mag an ihnen nichts wahrnehmen als die grüne Farbe, die vielleicht unbewußt das Auge labt, und den süßen Duft, der die Nase wohlthuend kitzelt; — wer sich offene Augen und lebendigen Sinn für die Außenwelt erhalten hat, der wird ein Bedürfnis fühlen, diese seine ihn überall umgebenden Mitgeschöpfe näher kennen zu lernen und zu erfahren, wie sie gebaut sind, wie sie leben, was sie treiben.

Dies Büchlein will versuchen, dem freundlichen Leser ein Führer zu sein, es soll ihm ein Gebiet des Naturlebens erschließen, das so recht geeignet ist, auch von sogenannten Laien in den Feierstunden des Berufslebens beobachtet zu werden.

Möchte es dem Verfasser gelingen, für die Pflanzenwelt Teilnahme zu erwecken und zur weiteren eigenen Beobachtung anzuregen.

Godesberg a. Rh., Januar 1895.

Dr. E. Dennert.

Einleitung.

Die Pflanze ist im Gegensatz zum Mineral ein Lebewesen. Die Pflanzenkunde wird daher in einer Schilderung des Pflanzenlebens gipfeln. Da wir jedoch das Leben der Pflanze erst dann erforschen können, wenn wir ihre Gestaltung kennen gelernt haben, so wird unser Weg ein derartiger sein, daß wir zuerst das Innere der Pflanze zu verstehen suchen, weil es die Grundlage für das Verständnis alles andern in sich birgt. Wir müssen zu dem Zwecke die Pflanze zergliedern, d. h. Anatomie treiben. Darnach wollen wir die äußere Gestaltung der Pflanze erforschen, ein Gebiet, das man Morphologie nennt. Endlich werden wir die verschiedenen Lebenserscheinungen der Pflanze, wie Ernährung und Atmung, Wachstum und Fortpflanzung, in der sogenannten Physiologie (auch Biologie) behandeln. Da aber von der äußeren Gestalt und deren Teilen zuweilen nicht wohl gesprochen werden kann, ohne daß der Beziehung dieser Teile (z. B. der Samenlappen) zu den Lebensvorgängen der Pflanze (z. B. der Ernährung) gedacht wird, so werden wir schon bei der Lehre von der Gestalt manchmal Dinge erörtern, die zur Lehre vom Leben der Pflanze gehören. Hat doch jeder Pflanzenteil bis herab zu so unscheinbaren Gebilden wie Stachel, Borste und Härchen seine bestimmte Bedeutung fürs Leben der Pflanze. Die Physiologie wird also übergreifen müssen in die Morphologie.

I. Vom inneren Bau der Pflanzen.

1. Die Zelle, das Elementarorgan.

Das Leben besteht in einer Wechselwirkung eines Wesens mit der Außenwelt. Zur Bethätigung derselben bedarf dieses Wesen aber verschiedener Werkzeuge. Man nennt solche Werkzeuge zum Leben Organe, und Wesen, die solche besitzen, Organismen.

Jedes Organ hat sein bestimmtes Arbeitsgebiet. Allein um diese Arbeit zu erfüllen, muß es selbst eine Teilung innerhalb desselben eintreten lassen; es muß Organe zweiter Ordnung besitzen, und man kann sich vorstellen, daß diese Teilung und Verfeinerung der Arbeit immer weiter fortschreiten wird und daß hiermit auch eine Teilung und Verfeinerung der Organe gleichen Schritt halten muß. Bei dieser Verfeinerung lassen uns aber unsere Augen gar bald im Stich, und wir müssen, um sie zu erkennen, zum Mikroskop greifen.

Da offenbart sich uns nun ein gar wunderbarer Bau. Wir sehen ein zierliches Gewebe, feiner als irgend eines, das Menschenhand wirkte, und dieses Gewebe besteht aus einer Unzahl von kleinen, dicht aneinander liegenden Bläschen, jedes mit einer eigenen, festen Wand und einem eigenen Inhalt. Man nennt ein solches Bläschen eine Zelle und da alle Organe sich aus solchen zusammensetzen, so kann man die Zellen die *Grund- oder Elementarorgane* der Pflanze nennen.

Wollen wir uns also Kenntnis vom Bau und Verrichtung der Organe verschaffen, so müssen wir uns zunächst über das Grundorgan, die Zelle, verständigen.

2. Der Bau der Zelle.

Die Zelle (Fig. 1) ist also ein kleines Bläschen. Während man aber bei einem solchen gewöhnlich die Wand als Hauptsache betrachtet, ist dies in der Zelle der Inhalt; die Wand hingegen ist erst ein Erzeugnis des Inhalts.

Dieser Inhalt ist in jugendlichen Zellen eine den ganzen Innenraum ausfüllende schleimige Masse, in der man schon bei mäßiger Vergrößerung kleine Körnchen umherschwimmen sieht und in der außerdem eine größere Masse, der sogenannte Zellkern (welcher ein Kernkörperchen umschließt), auffällt. Damit ist aber der feinere Bau dieser Schleimmasse und ihres Kerns keineswegs erschöpft. Man hat auch die Forschung über denselben noch nicht ganz abgeschlossen; um so mehr können wir hier von ihm absehen.

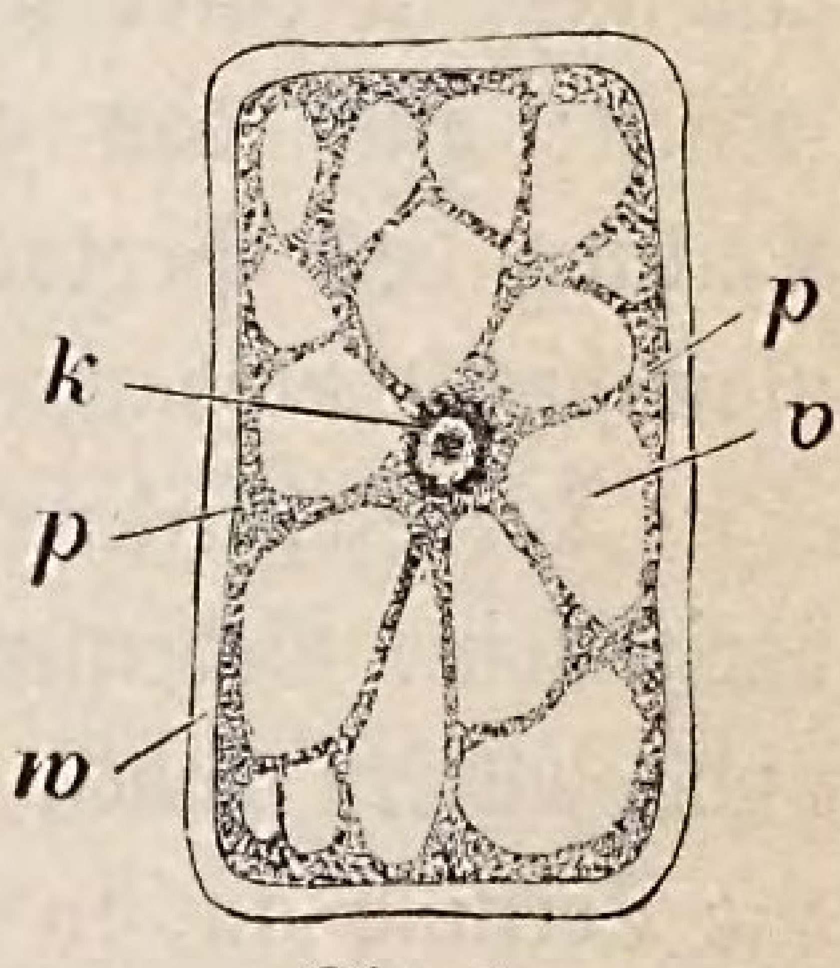


Fig. 1.
Schema einer Zelle.
w Zellwand, p Protoplasma., k Zellkern, v Vakuolen.

Jene Schleimmasse besteht chemisch aus Stoffen, welche man „Eiweißkörper" nennt und die sich durch die Gegenwart von Stickstoff, einem weitverbreiteten chemischen Element, auszeichnen. Sie führt den Namen Protoplasma oder Plasma. Man weiß jetzt, daß von ihm alle Lebenserscheinungen ausgehen, so daß man berechtigt ist, es den Lebensträger der Pflanze zu nennen. In neuerer Zeit hält man das Protoplasma der einzelnen Zelle für ein mehr selbständiges Wesen und giebt ihm den Namen „Protoplast". Uebrigens ist

dieser einzelne Zellbewohner nicht völlig gegen seine Nachbarprotoplasten abgeschlossen, sondern hängt mit ihnen durch feine Protoplasmafäden zusammen, welche durch sehr feine Kanäle der Zellwand gehen. Es ist anzunehmen, daß der auf eine gewisse Zelle ausgeübte Reiz durch diese Fäden auf andere übertragen werden kann.

Die Lebensthätigkeit der Zelle äußert sich darin, daß sie sich teilt. Das kann sie aber nur, wenn sie Protoplasma enthält; ohne dasselbe ist sie als tot zu betrachten. Ferner kann man beobachten, daß sich die kleinen Körnchen des Protoplasmas in einer unverletzten Zelle fortwährend strömend bewegen; auch das muß ein Zeichen des Lebens sein. Die Teilung des Protoplasmas, die vom Zellkern ausgeht, hat man direkt beobachtet.

Die Zellteilung geht vom Kern aus, und dieser zeigt darin seine Bedeutung als Zentralorgan den Zelle. Plasma und Zellkern haben eine Fadenstruktur. Schickt sich die Zelle zur Teilung an, so teilen sich zuerst die Kernfäden, bilden in der Mitte eine „Kernplatte“ und rücken dann in zwei Gruppen an die Pole, wo sie sich zu zwei neuen Zellkernen vereinigen. Ist dies geschehen, so sammeln sich in der Mitte der Zelle kleine Celluloseteilchen, welche sich endlich zu einer Mittelwand vereinigen: die Teilung der Zelle ist beendet. Diese Vorgänge sind begleitet von der Bildung von feinen, die neuen Zellkerne verbindenden Fäden („Spindelfasern“) im Protoplasma.

Die Wand der Zelle oder die Zellmembran ist eine feste, dehnbare Haut, welche die allen organischen Häuten eigene Fähigkeit besitzt, Flüssigkeiten durchzulassen (Diosmose). Sie besteht aus einem Stoff, den der Chemiker Cellulose nennt. Die Zelle kann — und zwar geht das auch von dem Plasma

aus — in die Länge und in die Dicke wachsen. Wächst sie in die Länge, so entsteht eine faserförmige Zelle (Fig. 2, b); auch können mannigfache andere Formen entstehen: prismatische Zellen (Fig. 2, a), sternförmige Zellen (Fig. 2, d) u. s. w. Das Dickenwachstum geht von innen aus. Die verdickte Membran zeigt oft deutlich konzentrische Schichtung. Doch werden diese Schichten nicht ganz gleichmäßig gebildet, so daß in der Wand kanalartige Lücken (Fig. 3) entstehen, welche bis auf die ursprüngliche Wand der jungen Zelle gehen. Daß auch in dieser Wand sehr feine Kanäle die Zellen verbinden, ist schon gesagt. Gewöhnlich stoßen sie hier mit ähnlichen Kanälen der benachbarten Zellen zusammen, so daß an diesen Stellen eine Verbindung mit letzteren stattfinden kann.

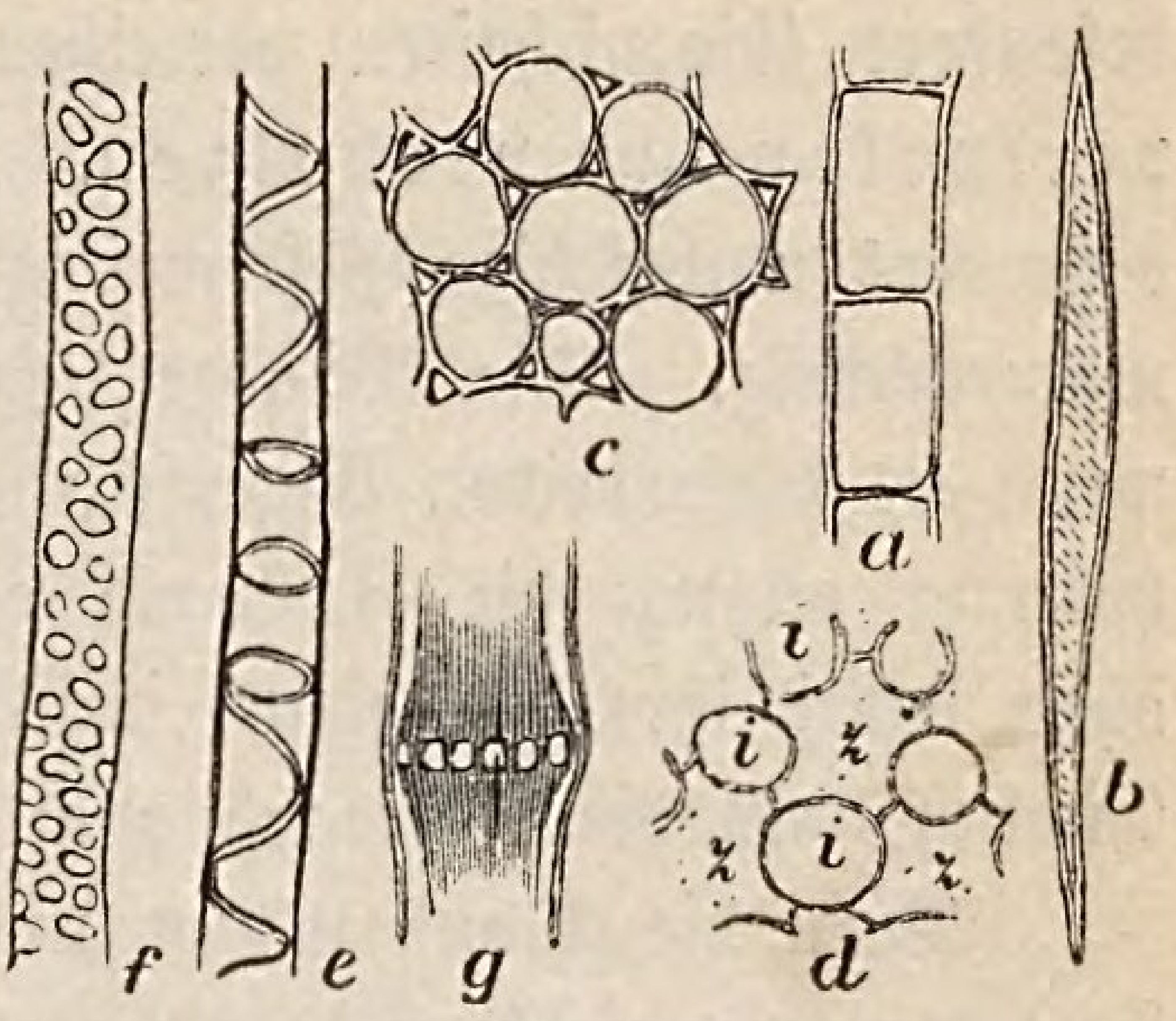


Fig. 2.
Zellformen, stark vergrößert.
a prismatische Zellen; b Faserzelle; c Gewebe aus rundlichen Zellen mit Intercellularräumen; d sternförmige Zelle (Z) mit großen Lücken i) (Schwammgewebe); e Gefäß mit Spiral- und Ringleisten; f Tüpfelgefäß; g Siebröhre, Stelle wo zwei Glieder derselben aneinanderstoßen, in der Mitte die quer durchschnittene Siebplatte, das Graue ist der Inhalt.

Von der Fläche gesehen, erscheinen diese Kanäle als Tüpfel. Die Verdickungen der Zellmembran können aber auch derart von Statten gehen, daß sie als Leisten (von Spiral-, Ring-, Netz- u. s. w. Form) in das Innere der Zelle vorspringen und dann von der Fläche gesehen als eine dementsprechende Zeichnung erscheinen (Fig. 2, e und f).



Fig. 3.
Steinzelle, stark vergrößert; verdickte Zellwand mit Tüpfelkanälen.

Neben dieser Form-Veränderung durch Dickenwachstum kann die Zellwand auch stoffliche Veränderungen erfahren, indem in die Cellulose Stoffe eingelagert werden, welche ihr besondere Eigenschaften verleihen. So kann die Membran verkorken und verholzen. Im ersten Fall zeigt sie eine besonders nachgiebige Geschmeidigkeit und ist dabei für Wasser undurchlässig. Die Pflanze läßt ihre Membran verkorken, wenn sie diese beiden Eigenschaften haben soll. Bei der Verholzung erlangt die Zellwand eine hervorragende Festigkeit, ohne dabei ihre Fähigkeit einzubüßen, Wasser durchzulassen. Endlich kann die Zellwand auch verschleimen.

Wenn die Wand wächst und die Zelle dadurch an Umfang zunimmt, so kann das Protoplasma dem nicht in gleichem Maße folgen und es müssen daher in ihm Lücken entstehen, welche Vakuolen genannt werden, die aber nicht etwa leer sind, sondern von dem von außen eintretenden Zellsaft angefüllt werden, d. h. von Wasser, welches einige Salze enthält. Das Protoplasma ist dann netzartig zerklüftet, und gewöhnlich schwebt der Zellkern mehr oder weniger in der Mitte, von einem Netzwerk von Plasmafäden getragen. Nehmen die Vakuolen aber noch mehr überhand, so geht das Plasma ganz an die Wand zurück und mit ihm auch der Kern. Es bildet dann einen ringsum geschlossenen Sack, den Primordialschlauch.

Plasma und Zellsaft sind aber nicht die einzigen Inhaltskörper der Zelle, vielmehr kann das lebendige Protoplasma noch manche andere Stoffe in sich ausbilden. Da ist zunächst als wichtigster das Chlorophyll zu nennen. Chlorophyll heißt auf deutsch Blattgrün. Es verleiht der Pflanze die so wohlthuende grüne Farbe. Genauere Untersuchung mit dem Mikroskop zeigt, daß sich in dem Plasma gewisser Zellen,

vor allem des Blattes, kleine Plasmakörnchen befinden, welche mit einem grünen Farbstoff ausgestattet sind, der im Wasser nicht löslich ist, den man aber aus den Blättern durch Alkohol herausziehen kann.

Für eine Pflanze, die sich selbständig ernähren will, ist der grüne Farbstoff ein ganz unerläßlicher Bestandteil, der überhaupt erst die Ernährung bewirkt, wie dies später noch dargelegt werden soll, wenn wir von der Ernährung der Pflanze reden. Diese grüne Farbe kann nur entstehen, wenn das Sonnenlicht auf die Pflanze einwirkt: jedermann weiß ja, daß im Keller austreibende Kartoffeln bleich und gelblich sind, daß sie aber ergrünen, wenn man sie ans Licht bringt. Innerhalb der Zelle nehmen die Blattgrünkörner oft eine durch das Licht beeinflußte Lage ein. Sie führen in gewisser Hinsicht ein selbständiges Leben, wenigstens hat man beobachtet, daß sie sich teilen.

Neben den Chlorophyllkörnern finden sich in den Zellen andere, ebenfalls körnige Stoffe, welche man als das Produkt der Ernährung zu betrachten hat, die Stärkekörner. Sie entstehen in den Blattgrünkörnern selbst oder in besonderen Protoplasmagebilden, denen man darnach den Namen Stärkebildner erteilt hat. Ihre körnige Beschaffenheit zeigt an, daß sie im Zellsaft, also in Wasser unlöslich sind. Die Stärkekörner zeigen bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Formen; gewöhnlich ist eine Schichtung mehr oder weniger deutlich. Sie werden, ein bequemes Erkennungsmittel, durch Jodlösung blau gefärbt. Für die Pflanze sind sie von sehr großer Bedeutung. An dieser Stelle merken wir uns nur, daß sie den wichtigsten Bau- und Reservestoff darstellen.

Von anderen Inhaltsstoffen der Zelle nennen wir die nicht grünen Farbstoffe. Trotz ihrer so großen und in

die Augen fallenden Mannigfaltigkeit lassen sie sich in zwei Gruppen bringen: die einen sind in Zellsaft löslich, das sind die blauen und roten Farben; die anderen sind unlöslich und bilden daher Körnchen, das sind die gelben Farben, deren Zusammenhang mit dem Blattgrün unzweifelhaft ist. Die große Mannigfaltigkeit der Farben wird mit recht einfachen Mitteln erreicht: Kombination der verschiedenen Farben und besondere anatomische Verhältnisse.

Ein im Pflanzenreich sehr verbreiteter Stoff ist der Gerbstoff. Er ist gelöst und läßt sich daher nur durch besondere chemische Reaktionen nachweisen. Ueber seine Bedeutung ist man sich trotz ausgedehnter Untersuchungen noch wenig klar: gewiß ist aber z. B., daß eine Art Gerbstoff mit der roten und blauen Farbe zusammenhängt.

Neben den genannten Inhaltskörpern finden sich nun in der Zelle noch Kristalle verschiedener Salze in Form von Nadeln, Doppelpyramiden und Morgensternen. — Endlich seien noch die Proteïnkörner genannt, welche Eiweißstoffe sind.

3. Gefäße und Röhren.

Es läßt sich der Satz aufstellen, daß es nichts in der Pflanze giebt, was nicht aus Zellen besteht oder doch wenigstens aus und in Zellen seinen Ursprung genommen hat.

Nun wird die Pflanze von Röhren durchzogen, die in den Wurzeln ihren Anfang nehmen und oben in dem zarten Aderwerk der Blätter endigen. Auch sie sind ursprünglich Zellen gewesen, aber dadurch, daß die Querwände der senkrecht untereinander liegenden Zellen aufgelöst wurden, zu Röhren geworden. — Sie werden Gefäße genannt und stellen ein Leitungssystem für Luft, auch wohl für Wasser

dar. Aeußerlich sind sie, natürlich nur unter dem Mikroskop, daran zu erkennen, daß sie eigenartige Wandverdickungen besitzen, Leisten, die in das Innere der Röhren einspringen und teils spiralig, teils ringförmig, netzförmig, treppenförmig oder endlich einfach tüpfelförmig sind; man unterscheidet darnach Spiral-, Ring-, Netz-, Treppen- und Tüpfelgefäße. Diese Leisten sollen offenbar die Gefäße aussteifen (Fig. 2, e und f) und ihnen größere Festigkeit verleihen.

Neben diesen Gefäßen kommen in der Pflanze sogenannte Siebröhren vor. Es sind dies Röhren, die auch aus übereinanderstehenden Zellen entstehen; hier werden aber die Querwände nicht ganz aufgelöst, sondern siebartig durchlöchert. Diese Röhren dienen zur Fortleitung von Eiweißstoffen (Fig. 2, g).

Eine dritte Art von Röhren sind die Milchsaftröhren, welche jenen milchartigen Saft enthalten, durch den sich manche Pflanzen, wie die Wolfsmilcharten, auszeichnen.

4. Die Gewebearten.

Wir haben schon gesehen, daß eine Lebensthätigkeit der Zelle darin besteht, daß sie sich teilen kann. Es giebt viele niedere Pflanzen, welche ihr Lebtag einzellig bleiben. Haben sie sich geteilt, so trennen sich auch die beiden Tochterzellen, wie wir uns ausdrücken können, alsbald wieder. Allein bei den meisten Pflanzen ist es nicht so, sondern da bleiben die beiden neuen Zellen in stetem Zusammenhang, und jede dieser beiden Töchter kann nun auch dem Beispiel der Mutter folgen und sich wieder teilen, indem jedesmal die sich teilende Zelle ihre eigene Selbständigkeit aufgiebt und zu zwei neuen Zellen wird. So entsteht eine Gemeinschaft von Zellen, welche Gewebe genannt wird (Fig. 2, c und d).

Es liegt auf der Hand, daß der Charakter dieser Ge-

webebildung unter dem Einfluß der Richtung stehen wird, in welcher sich die Teilung und Ausdehnung der Zellen fortsetzt. Erfolgen die Teilungen, sowie die Ausdehnung der Zellen in einer auf der Längsachse der Zelle senkrechten Richtung, so geht aus diesem Wachstum ein fadenförmiges, nur eine Zelle breites Gewebe hervor; finden die Teilungen in zwei Richtungen statt, so muß ein flächenartiges Gebilde entstehen und wenn sich endlich die Zellen in drei auf einander senkrecht stehenden Richtungen teilen, so ergiebt sich ein Zellkörper.

Wir haben nun in der Natur Pflanzen, welche diesen einzelnen Formen entsprechen. Neben den einzelligen Pflanzen finden wir besonders unter den niederen Formen solche, die ein faden-, flächen- oder körperförmiges Gewebe darstellen; aber auch an der höheren Pflanze kommen derartige Gebilde vor; doch sind bei ihr die körperlichen Gewebe die bei weitem überwiegenden. Bei der Einteilung der Gewebearten einer höheren Pflanze ist zunächst die Form der einzelnen Zellen maßgebend und fernerhin die Art ihrer Zusammenstellung.

Wenn die Zellen, die das Gewebe zusammensetzen, eine im allgemeinen würfelförmige oder prismatische Gestalt haben und sich in ihren Ausdehnungen mehr der Kugelform nähern, so nennt man das Gewebe parenchymatisch (P a r e n ch y m); besteht es dagegen aus faserförmigen langgestreckten Zellen, so ist es prosenchymatisch (P r o s e n ch y m). Das erstere dient mehr Ernährungszwecken, das letztere der Wasserleitung und mechanischen Zwecken. Wenn in einem parenchymatischen Gewebe nur die Ecken Verdickungen zeigen, so nennt man es K o l l e n ch y m, wenn es aus sehr stark verdickten Zellen (Fig. 3, S t e i n z e l l e n) besteht, S k l e r e n ch y m.

Wichtiger ist die Unterscheidung der Gewebe nach ihrer Zusammensetzung. Wir können darnach drei Gewebearten an den höheren Pflanzen unterscheiden und benennen sie nach ihrer Lagerung als Hautgewebe, Grundgewebe und Stranggewebe.

a. Das Hautgewebe.

Dieses umschließt, wie der Name sagt, als eine Haut die ganze (junge) Pflanze; später ist es nur noch auf den Blättern zu finden. Das übrige Gewebe der Pflanze erscheint dann wie eine Grundmasse (daher Grundgewebe) in welcher strangartige Massen (Stranggewebe) gewissermaßen eingebettet sind.

Die Zellen des Hautgewebes stehen lückenlos zusammen, sie enthalten kein Chlorophyll, und die äußerste Schicht ihrer Außenwand ist verkorkt, also elastisch und undurchlässig für Wasser. Sie sind entweder sechseckig langgestreckt (oft an grünen Stengeln) oder ihre Wände sind geschlängelt und greifen ineinander (besonders an Blättern). Die vom Hautgewebe gebildete Oberhaut oder Epidermis der Blätter dient aber auch dem Gasaustausch und der Transpiration (Ausdünstung). Dazu besitzt sie besondere Vorrichtungen, die sogenannten Spaltöffnungen: zwei bohnenförmige Zellen (Schließzellen, mit Chlorophyll) stehen einander gegenüber, lassen also zwischen sich einen Spalt, der sich durch Annäherung oder Entfernung der Schließzellen schließen, bezw. öffnen läßt. Beides wird von der Pflanze selbst geregelt; denn bei großem Wassergehalt treten die Schließzellen auseinander und bei kleinem Wassergehalt nähern sie sich, was mit der verschiedenen Ausbildung der Schließzellenwände zusammenhängt.

b) Das Grundgewebe.

Das Grundgewebe kann je nach seinem Zweck die oben genannten Formen zeigen: parenchymatisches Grundgewebe dient meistens der Ernährung, in ihm findet sich daher oft Chlorophyll (es kommt vor im Blattgewebe und in der Rinde). Doch auch das Mark der Bäume ist Parenchym; da es aber keinerlei Inhalt hat, ist es als tot zu betrachten. Sklerenchymatisches und kollenchymatisches Gewebe kommt in der Rinde vor und soll derselben Festigkeit verleihen. Zwischen den Zellen finden sich oft Lücken, Intercellularräume (Fig. 2 c), welche der Durchlüftung dienen. Sind sie groß und die Zellen sternförmig, so entsteht ein schwammartiges Gewebe (Fig. 2 d) (bei Wasserpflanzen).

c) Das Stranggewebe.

Dieses stellt feste Stränge dar, welche, wie schon gesagt, in dem Grundgewebe gleichsam eingebettet sind und die ganze Pflanze durchziehen. Sie beginnen an den Wurzelspitzen und endigen in den feinen Verästelungen der Blattadern. Sie bilden ein Leitungssystem, dienen aber, wie wir gleich sehen werden, auch noch anderen Zwecken. Gerade bei ihnen zeigt sich so schön, wie in der Natur, bei der Allweisheit ihrer Einrichtungen, mit einem Mittel mehrere Zwecke erfüllt werden.

Man nennt diese Stränge (Fig. 4) Gefäßbündel, weil in ihnen Gefäße vorkommen; es ist aber keine gute Bezeichnung, da die Gefäße durchaus nicht die Hauptsache sind; besser ist es, sie Leitbündel zu nennen. Sie bestehen in der ausgeprägtesten Form aus 3 Teilen, Gefäßteil (auch Holzteil genannt), Siebröhrenteil (auch Bast) und Kambium. Auf dem meist eiförmigen Querschnitt des Gefäßbündels sind diese drei Teile so angeordnet, daß das Kam-

bium eine schmale Zone zwischen den beiden anderen Teilen einnimmt, und im Stengel ist das Gefäßbündel meist derartig gestellt, daß der Gefäßteil dem Mittelpunkt, der Siebröhrenteil dagegen dem Umfang zugekehrt ist.

Der Gefäßteil hat seinen Namen von seinen hervorstechendsten Bestandteilen, nämlich den Gefäßen. Die innersten Gefäße sind enger als die äußeren und die Untersuchung auf dem Längsschnitt zeigt, daß jene inneren enge Spiral- und Ringgefäße sind. Weiterhin besitzt das Gefäßbündel aber nur Tüpfelgefäße. Zwischen den Gefäßen finden sich Parenchymzellen und besonders auch Holzfaserzellen, welche oft den größten Teil des Holzes ausmachen.

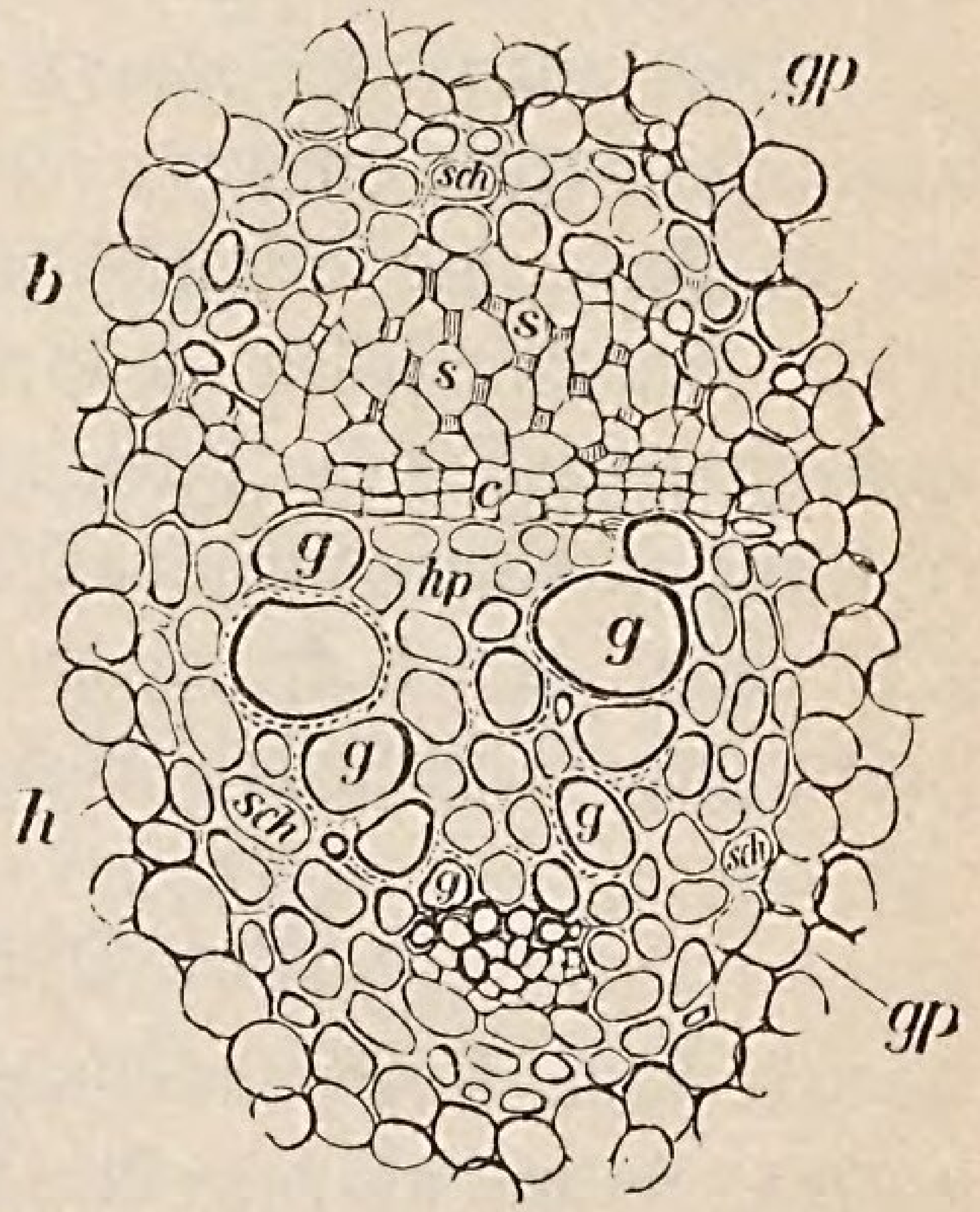


Fig. 4.
Ranunculus repens, kriechender Hahnenfuß, ein Gefäßbündel, stark vergrößert.
b Bastteil; c Kambium; h Holzteil; s Siebröhren; g Gefäße; hp Holzprosenchym; sch Scheide; gp Grundparenchym.

In dem Siebröhrenteil finden sich Siebröhren (ohne Zellkern), daneben Parenchymzellen, welche Geleitzellen (mit Zellkern) heißen. Dieser Teil des Gefäßbündels ist gewöhnlich aus dünnwandigeren Zellen gebildet, hat auch einen geringeren Umfang als der Holzteil. Um ihn herum liegt ein Halbmond von Fasern, welche oft mit denen, die den Holzteil umgeben, zusammenstoßen und dann eine „Schutzscheide" bilden. Geht diese um das ganze Bündel herum, so schließt dies eine Vergröße-

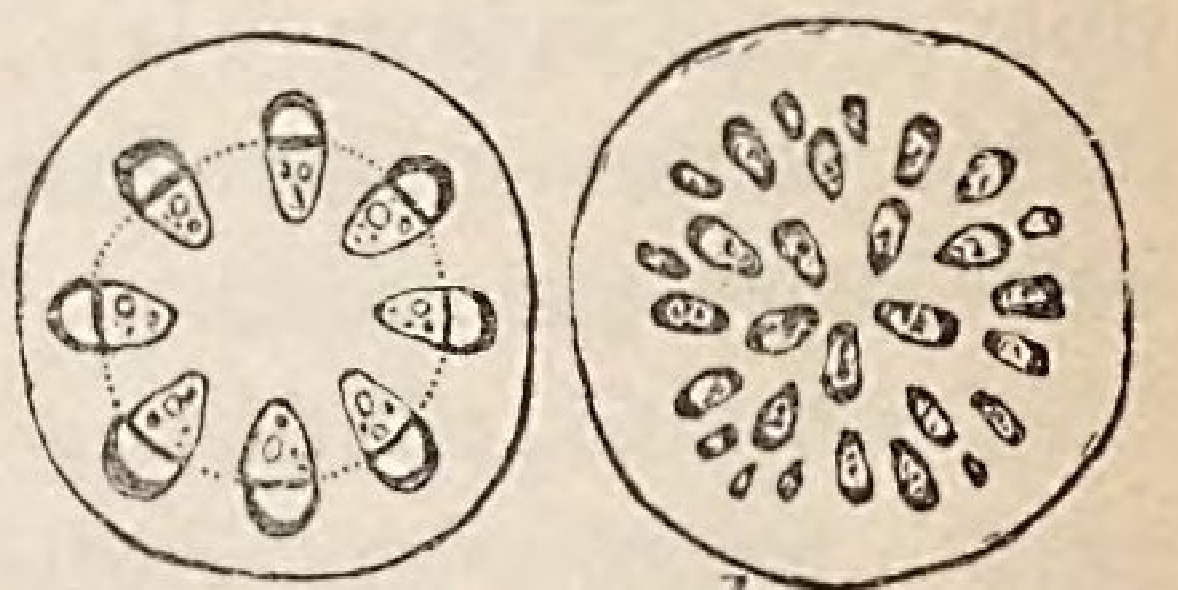
rung desselben aus; das Kambium erstarrt dann zu einem dünnwandigen Gewebe, Kambiform.

Das Kambium ist im übrigen eine Schicht von sehr zarten Zellen, welche in Teilung begriffen sind und sich nach außen zu den Zellen des Siebröhrenteils, nach innen zu denen des Gefäßteils ausbilden.

Was nun die Bedeutung der Gefäßbündel anbelangt, so dienen sie in erster Linie zur Leitung: der Gefäßteil zur Leitung des Wassers, der Siebröhrenteil zur Leitung der Eiweißstoffe. Daneben sollen die Gefäßbündel aber auch durch ihre mechanisch wirksamen Zellen und Fasern die Pflanze aufrecht erhalten; sie bilden demgemäß Träger, welche in ihrer Gesamtanordnung, wie auch in der Ordnung ihrer mechanischen Zellen, den Gesetzen der Mechanik entsprechen.

5. Das Dickenwachstum.

Einzelne Gefäßbündelstränge, wie sie eben beschrieben wurden, durchziehen den Stengel einjähriger, schwacher und der monokotylen Pflanzen, sowie alle Blätter. Allein es läßt sich denken, daß dies so einfach nicht bleiben kann, wenn der Stengel im Lauf des Lebens in die Dicke wächst, wie es bei den meisten Dikotylen ist (Fig. 5). In diesem Fall geht das Wachstum auch wieder von dem Gefäßbündel aus und zwar von dem Kambium.



a b

Fig. 5.
Schema der Gefäßbündelanordnung (auf dem Querschnitt) bei einer dikotylen Pflanze (Fig. 5, a), z. B. Hahnenfuß, und einer monokotylen Fig. 5, b) z. B. Binse, Gras. Im ersten Fall sind die Bündel in einen Kreis gestellt, an den gestrichelten Stellen bildet sich beim Dickenwachstum das Kambium. Im zweiten Fall sind die Bündel auf den Querschnitt zerstreut.

Die zarten Zellen desselben haben die Fähigkeit behalten, sich

zu teilen; sie bilden gewissermaßen einen Jungbrunnen, aus dem sich die Pflanze andauernd erneuern kann. Dabei findet aber noch etwas Besonderes statt. Es läßt sich vorstellen, daß das Wachstum in die Dicke ein ganz ungleichmäßiges sein würde, wenn das Kambium immer nur in einzelnen Bündeln vorkäme. Um dies zu vermeiden, entsteht gar bald ein geschlossener Ring, und zwar dadurch, daß die zwischen den Kambiumteilen liegenden Parenchymzellen des Grundgewebes anfangen, sich zu teilen und sich dem Kambium anschließen.

Dieser derartig entstandene Kambiumring erzeugt nun fortwährend nach innen Gefäße, Fasern und Parenchymzellen, nach außen Siebröhren und Parenchymzellen sowie auch Faserzellen. Die ersteren schließen zu einem dichten Gewebecylinder zusammen und bilden das, was man im gewöhnlichen Leben Holz nennt; die letzteren hingegen bilden nur einzelne Kappen über den urspüglichen Gefäßbündeln. Ihre Fasern aber hängen in festen Schichten zusammen und lassen sich daraus als Bast gewinnen, der bekanntlich wegen dieser Eigenschaft zum Binden u. s. w. benutzt werden kann.

Der Holzkörper ist nun übrigens doch kein völlig einheitlich gebildeter Gewebecylinder, er wird vielmehr von Zellplatten durchzogen, die senkrecht stehend strahlig von innen nach außen laufen, so daß sie auf dem Querschnitt als dünne Strahlen, auf dem sog. Radialschnitt (in der Richtung des Radius) dagegen als Zellplatten erscheinen. Man nennt sie Markstrahlen, weil sie, wenigstens z. T., von dem Mark d. h. dem innersten Grundgewebe aus nach außen strahlig verlaufen, nämlich an den ursprünglichen Trennungsstellen der benachbarten Gefäßbündel. Es giebt aber auch noch andere derartige Markstrahlen, welche das Mark nicht

erreichen, also kürzer sind; sie werden im Gegensatze zu den anderen, den „primären", die „sekundären" Markstrahlen genannt. In den Markstrahlen werden die in den Blättern gebildeten Stoffe geleitet; oft sieht man in ihnen eine Aufspeicherung von Stärke.

Die Thätigkeit des Kambiums ist natürlich von äußeren Verhältnissen abhängig; sind diese den Ernährungsverhältnissen ungünstig, so wird die Lebensthätigkeit, d. h. die Teilung des Kambiums, eine verminderte sein. Nun ist ja in unsern Breiten die Vegetationsperiode keine andauernde, sondern wird mit dem Eintritt einer kälteren Jahreszeit unterbrochen. Dann fällt das welkende Laub von den Bäumen und der Baum streckt trauernd seine kahlen Aeste gen Himmel. Und auch im Innern steht der Lebensstrom still; es ist, als ob ein tiefer Winterschlaf alle Zellen in seinen erstarrenden Bann nähme: die Teilung des Kambiums wird vollständig eingestellt und der Baum wächst also auch nicht in die Dicke. Bekanntlich kommt aber auch der Winter nicht über Nacht nach einem warmen Sommertag. Vielmehr ergreift er allmählich das Scepter und gewöhnt durch seinen milderen Boten Herbst die Natur an seine strenge Herrschaft. Demnach wird auch der Baum im Verlauf des Herbstes seine Thätigkeit allmählich einstellen und daher beobachtet man dann auch im Herbst, wie die Teilungen des Kambiums allgemach schwächer werden. Obendrein sind die Zellen, die es dabei bildet, dickwandiger und enger und die Zahl der Gefäße ist kleiner. Die Folge davon ist, daß dieses Herbstholz dichter erscheint als das früher erzeugte. Tritt nun aber nach der winterlichen Ruhe wieder, von den lauen Lüften erweckt, die neue Vegetationsperiode ein, so beginnt auf einmal ein mächtiges Strömen und Wandern der Lebenssäfte, und das Kam-

bium fängt machtvoll seine Arbeit von neuem an. Die Folge davon ist, daß nun ein Gewebe, das sogenannte Frühjahrsholz, entsteht, das einen ganz anderen Charakter hat, es hat weitere und dünnwandigere Zellen und ist reicher an Gefäßen; daher erscheint es bedeutend lockerer als das Herbstholz.

Denkt man sich dies nun in den verschiedenen Jahren wiederholt, so wird es verständlich, daß der Holzkörper auf dem Querschnitt wie aus konzentrischen Ringen zusammengesetzt erscheint; denn die Grenze des lockeren Frühjahrsholzes gegen das feste Holz des vorigen Herbstes ist eine scharfe. Man nennt diese Ringe Jahresringe. Aus ihrer Ausbildung und Dicke läßt sich auf die Fruchtbarkeit und auf allerhand Begleiterscheinungen des betreffenden Jahres schließen. Da in jedem Jahr dem Holz ein Ring zugefügt wird, kann man aus der Zahl der Jahresringe auch auf das Alter des Baumes schließen. Der Zuwachs der Bastregion ist hingegen kein so regelmäßiger, höchstens dann, wenn die Bastfasern zonenweise entstehen. Jedenfalls kann an diesem Teil des Baumes das Alter nicht erkannt werden.

Wenn der Baum nun von Jahr zu Jahr dicker wird, so läßt sich denken, daß auch die Außenschicht eine Veränderung erfahren muß. Nun ist ja die Oberhaut aus verkorkten und daher elastischen Zellen gebildet, so daß sie einem von innen her auf sie ausgeübten Druck wohl im Anfang nachgeben kann; allein dies kann selbstredend nicht lange andauern und endlich, wenn die Elastizitätsgrenze der Oberhaut überschritten ist, wird sie platzen. Da hierdurch aber dem Wasserstrom im Innern ein seitlicher Ausweg gestattet wäre, muß die Pflanze Vorbeugungsmaßregeln treffen.

Schon ehe jene Katastrophe in der Oberhaut eintritt, bildet sich aus ihren eigenen oder aus unter ihr gelegenen

Zellen eine Schicht teilungsfähigen Gewebes, das nun rings um den Stamm herum einen Mantel dicht aneinander stehender Zellen bildet, die zwar meist ziemlich dünnwandig sind, aber doch wegen Verkorkung der Wände eine beträchtliche Dehnbarkeit aufweisen, aus demselben Grunde aber auch die Verdunstung des Wassers hindern. Soll nun dieser Ersatz der Oberhaut ein dauernder sein, so muß er sich fortwährend erneuern, und dies geschieht thatsächlich durch ein besonderes Kambium in der Rinde des Baumes, aus welchem sich fortwährend nach außen neue derartige Zellen bilden, in demselben Maße, wie die außen gelegenen sich abstoßen oder wegen des Dickenwachstums des Baumes sich ablösen. Die dadurch entstehenden mehr oder weniger mächtigen Gewebeschichten führen den Namen Kork. Dieselben sind bei der Korkeiche so stark, daß man sie ablösen und verwerten kann, wobei ihre Elastizität und Undurchlässigkeit für Wasser besonders wertvoll sind (Flaschenkork).

Es ist schon gesagt worden, daß jenes sich nachträglich bildende Korkkambium in der Oberhaut selbst oder auch in tieferen Schichten der Rinde seinen Ursprung nehmen kann. Dies kann zu einer Bildung besonderer Art führen. Wenn nämlich der Kork in tieferen Schichten entsteht, so wird er nach außen Gewebemassen abschneiden und diese müssen unbedingt absterben, weil der Kork die Wasserzufuhr zu jenen Schichten hindert; dies ist aber jederzeit gleichbedeutend mit Tod. Diese äußeren Gewebeschichten werden nun vertrocknen und sich allmählich samt dem äußeren Kork ablösen; man nennt sie dann Borke. Man unterscheidet zwei Hauptformen der Borke, Schuppen- und Ringelborke. Die erstere ist an Birnbäumen und Kiefern deutlich zu sehen; die sich hier ablösenden Schuppen entstehen dadurch, daß der Kork

nur kleinere Partien der Rinde abschneidet. Die bei Kirschbäumen und Birken bemerkenswerte Ringelborke hingegen erfordert eine rings um den Baum gehende, geschlossene Korkschicht, welche dann zufolge des Dickenwachstums platzt und sich ablöst, um einer tiefer gelegenen Korkschicht Platz zu machen.

Mit den vorstehenden Erörterungen wird der Leser einen kleinen Blick in den allgemeinen Bau und die Entwicklung des Baumes geworfen haben. Im Einzelnen lassen sich natürlich nun noch mancherlei Zusätze machen. Einzelnes sei noch hinzugefügt.

6. Die Auswurfstoffe.

Neben den angedeuteten Bauelementen des Pflanzenkörpers finden sich noch andere, deren Bedeutung keine sehr große ist, die sogenannten Auswurfstoffe, also Stoffe, welche von der Pflanze ausgeschieden sind, weil sie für ihren eigentlichen Aufbau keinen Wert mehr haben. Es sind das gewöhnlich Gummi- und Harzstoffe, sowie ätherische Oele. Sie haben, wie gesagt, keine sehr große Bedeutung, sind Nebenprodukte des Stoffwechsels, leisten aber trotzdem noch eine kleine Arbeit, ein Beweis, wie wunderbar und weise alles an der Pflanze ausgenutzt ist und wie das eine so fein in das andere eingreift, daß nie und nimmer ein Zufall, sondern nur eine unendliche Weisheit es so ordnen konnte. Manche dieser Stoffe, die, besonders wenn sie an Laubblättern, Samen und Früchten auftreten, harzig sind und stark riechen, schützen diese Teile vor Tierfraß. Andere, wie besonders ätherische Oele, dienen gerade umgekehrt dazu, Tiere anzulocken, um sie zur Verbreitung der Samen und Früchte zu bewegen.

Die oft großen Massen von Harz, welche aus den Wunden der Nadelhölzer hervorquellen, bewirken, daß die

Wunden von der Luft abgeschlossen werden und unter diesem Schutz besser vernarben. Die Balsamstoffe, welche die Knospen, z. B. der Roßkastanie, bekleiden, schützen die jungen Blätter vor Tieren und vor zu weit gehender Wasserverdunstung. Die Klebstoffe am Stengel der Pechnelke fangen unliebsame Gäste vor ihrem Eintritt in die Blüte wie mit einer Leimrute ab. So lassen sich, wie diese Beispiele zeigen, wohl immer auch für diese Auswurfstoffe Nebenzwecke erkennen.

Diese Stoffe finden sich in Behältern, die sowohl dem Haut- als auch dem Grund- und dem Stranggewebe angehören können. Wir rechnen hierher auch den Milchsaft, der aus einer wässerigen Flüssigkeit (oft mit Stärke und Zucker) und darin schwimmenden Gerinnungskörperchen besteht und auch Harze und Gummi enthält. Er findet sich in vielfach verzweigten Röhrensystemen; die Röhren sind entweder gegliedert (wie bei Schwarzwurz) oder ungegliedert (wie bei Wolfsmilch). Manche Harze, Gummistoffe und Gerbstoffe finden sich in Schläuchen, d. h. in sehr langen übereinander liegenden, dünnwandigen Zellen, welche namentlich im Grundgewebe liegen. Oft kommt es vor, daß sich zwischen den Zellen Intercellularräume bilden, welche durch Auseinanderweichen der Zellen entstehen und Gummi und Harz in sich aufnehmen; dabei kann der Gang von besonderen Zellen austapeziert sein, welche jene Auswurfstoffe absondern, aber sie zum Teil auch durch Umwandlung ihrer eignen Zellwände erzeugen.

7. Der Bau der Nadelhölzer.

Der oben geschilderte allgemeine Bau des Pflanzenstammes läßt im einzelnen eine große Mannigfaltigkeit zu,

und thatsächlich zeigen die verschiedenen Baumarten eine sehr weitgehende Verschiedenheit, die noch lange nicht erschöpfend untersucht worden ist. Aus der Fülle der Baupläne sei nur einer hervorgehoben, weil er besonders abweicht, nämlich der des Holzes der Nadelhölzer, welches einen völlig gleichartigen Bau aufweist. Das Kambium bildet holzwärts nur eine einzige Art von Zellen, nämlich sogenannte Tracheiden, d. h. Holzfasern, welche die Wandverdickung der Gefäße zeigen und wie diese Wasser leiten. Diese Tracheiden (die sich übrigens auch in anderen Pflanzen finden) liegen in radialen Reihen und zeigen dieselbe zonenweise Anordnung in Jahresringe wie das Holz anderer Bäume.

8. Der Bau von Blatt und Wurzel.

Es erübrigt noch, einen Blick auf den Bau von Blatt und Wurzel zu werfen.

Während der Stengel (und auch die Wurzel, also die Achsenorgane) radiär d. h. strahlig gebaut ist, ist das Blatt bilateral, d. h. zweiseitig: es besitzt eine Rücken- und Bauchseite, ein Oben und Unten. Es ist in seiner vollendeten Gestalt flächenförmig und besteht der Hauptsache nach aus einem Grundgewebe, welches oben und unten von einer Oberhaut überzogen ist, die den früher beschriebenen Bau besitzt. In diesem Grundgewebe findet sich ein reiches Netz von Gefäßbündeln, welche hier den Namen Adern oder Nerven führen. Ersterer ist nicht gut und letzterer sehr schlecht; denn mit dem tierischen Begriff Ader haben diese Stränge wenig und mit den Nerven gar nichts zu thun. Es sind einfache Gefäßbündel, wie oben beschrieben, die einer Verdickung nicht fähig sind, wohl aber eine oft ausgiebige mechanische Verstärkung besitzen.

Die Hauptstränge sind besonders stark und dienen außer zur Leitung noch zur Aussteifung des Blattes, ähnlich wie die Drähte den Regenschirm aussteifen. Die feineren Stränge dienen dagegen nur zur Leitung, sie bilden daher ein sehr enges Netz, um den Stätten, aus denen Stoffe abgeleitet werden sollen, recht nahe zu sein. Diese finden sich in dem übrigen Blattgewebe. Dasselbe ist ein mehr oder weniger lockeres Parenchym, das sich durch starken Gehalt an Blattgrün auszeichnet. Gewöhnlich lassen sich in diesem Grundgewebe zwei verschiedene Schichten unterscheiden: unter der Oberhaut der Oberseite liegen auf sie senkrecht gestreckte Zellen (Pallisadenzellen); an diese schließen sich, je mehreren entsprechend, hin und wieder trichterförmige Sammelzellen an und an diese ein weite Intercellularräume bildendes lockeres Schwammparenchym, welches der unteren Oberhaut mit den Spaltöffnungen anliegt.

Daß dieser nur in allgemeinen Umrissen skizzierte Bau des Blattes auch wieder Spielraum für mannigfache Abweichungen läßt, liegt auf der Hand; ist doch die, wie wir noch sehen werden, so außerordentliche Verschiedenheit in der Ausbildung der äußeren Blattform stets mit anatomischen Besonderheiten verknüpft.

Selbstredend wird die Wurzel als Achsenorgan im anatomischen Bau dem Sproßstamm näher stehen als das Blatt, allein sie zeigt doch eine grundsätzliche Verschiedenheit. Diese beruht darauf, daß der Gefäßbündelkörper wenigstens bei dünneren Wurzeln ganz zentral in dem Grundgewebe liegt, so daß also kein Mark übrig bleibt; vor allem aber auch darauf, daß die Gefäß- und Siebröhrenteile nicht radial hinter einander, sondern tangential neben einander liegen, so daß also zwei benachbarte Gefäßteile den Siebröhrenteil zwischen

sich nehmen. Dabei liegen auch die zuerst entstandenen engen und dickwandigen Gefäße nach außen, die weiteren nach innen. Die Anzahl dieser primären Gefäßstränge ist für die Wurzel kennzeichnend. Die dritte Eigenart der Wurzel besteht darin, daß dieser Gefäßbündelcylinder von einer einfachen Schicht dünnwandiger Zellen, dem Perikambium, umgeben ist und daß an diese sich nach außen eine oft aus starkwandigen Zellen gebildete Strangscheide anschließt. Dieser ganze zentral gelegene Cylinder nun ist von einer mächtigen Rindenschicht umgeben, nach außen endlich liegt eine Oberhaut, welche aber keine Spaltöffnungen enthält, da dieselben ja hier, in der Erde, unnötig sind.

Die Wurzeln können aber auch ein Dickenwachstum besitzen. Dies wird dadurch eingeleitet, daß sich vor dem Siebröhren- und Gefäßteil ein Kambium bildet, das nun Holz und Bast erzeugt, so daß oft schließlich kaum ein Unterschied zwischen Stamm und Wurzel zu erkennen ist. Bei manchen kultivierten Wurzeln hingegen beruht die Verdickung nicht auf Holzbildung, sondern auf Vermehrung des Parenchyms, das eine mächtige Ausdehnung erfährt und zur Aufnahme einer außerordentlichen Menge von Zellsaft dient. Dies ist der Fall bei manchen Kohlarten, bei der Mohrrübe und Runkelrübe.

Fragen wir uns noch, was für ein Zweck durch die Verschiedenheit des anatomischen Baus von Stengel und Wurzel verfolgt wird, so finden wir ihn vor allem in der mechanischen Leistung beider. Es ist ein mechanisches Gesetz, daß man bei Vorrichtungen, welche Biegungsfestigkeit besitzen sollen, die mechanisch wirksamen Teile peripherisch anbringt, weil die Teile im Zentrum unwirksam, also unnötig sind; andererseits beansprucht eine Vorrichtung, die Zugfestigkeit besitzen soll, eine Zusammenziehung der mechanischen Elemente nach innen, nach

der Achse zu. Nun muß der Stengel, der aufrecht steht, wie leicht einzusehen ist, in erster Linie biegungsfest gebaut sein; daher bilden auch seine mechanisch wirksamen Zellen einen Hohlcylinder. Dagegen muß die im Erdboden sich befestigende Wurzel zugfest gebaut sein; daher besitzt sie einen achsial gelegenen, mechanisch kräftigen Cylinder.

In ähnlicher Weise lassen sich auch sonst mancherlei Eigentümlichkeiten des anatomischen Baus der verschiedenen Achsenorgane erklären. Erwähnt sei nur noch, daß z. B. auch oberirdische Achsen, die einem starken Zug nach unten Widerstand zu leisten haben, eine zentripetale (d. h. dem Mittelpunkt des Querschnitts zustrebende) Anordnung ihrer mechanischen Zellen nötig haben und daher auch aufweisen, so z. B. die Stiele abwärts gerichteter Früchte.

II. Die äußeren Organe der Pflanze.

1. Arbeitsleistung und Arbeitswerkzeug.

Erhaltung des eignen Lebens und Erhaltung der Art, das sind die beiden Hauptziele des Pflanzenlebens. Alle Arbeit, welche die Pflanze verrichtet, zielt auf das eine oder andere hin. Eine „Arbeit“ ist es thatsächlich und die Leistungen der Pflanzen sind oft derart, daß sie die Arbeit manches Menschen beschämen. Man stelle sich nur einmal folgendes vor.

In der harten Schale des Kirschkerns ruht ein kleiner Keimling, aus dem der Kirschbaum hervorgeht. Willst du ihn aus seinem freiwilligen Gefängnis befreien, so mußt du eine ganz besondere Gewalt anwenden. Deine schwachen Finger genügen nicht, um diese kleine Arbeit, einen Kirschkern zu öffnen, zu leisten, aber am Ende deine Zähne? — Du wirst dich vielleicht auch vergebens bemühen. Es bleibt dir nichts anders übrig als fremde Hilfe herbeizuholen und einen schweren Hammer zu schwingen. Dann bringst du diese Arbeit zu stande.

Und nun der kleine schwache Keimling in dem Samen! Darf er es wagen, sich mit deinen stolzen Kräften zu messen? — Lege ihn in die Erde, laß Feuchtigkeit und Frühlingsluft auf ihn einwirken, und siehe da, mit Leichtigkeit sprengt er sein Gehäuse und tritt wie ein Held daraus hervor.

Da wird es wohl klar, daß hierbei eine Arbeit geleistet wird. Eine Arbeit, und zwar eine sehr bedeutungsvolle, ist es aber auch, wenn die Pflanze ihre Blätter im Frühling entfaltet, wenn sie Wasser durch die Wurzel aufzieht, Kohlensäure der Luft entnimmt und wenn sie beides zu Stärke verarbeitet. Kurz, Arbeit an und in der Pflanze an allen Orten!

Arbeit verlangt aber Werkzeuge, und zwar nennt man, wie schon gesagt, die Werkzeuge, welche die Pflanze zur Bethätigung des Lebens bedarf, mit dem griechischen Wort dafür Organe. Wollen wir eine Arbeit verrichten oder auch nur verstehen, so müssen wir die Werkzeuge, welche zu ihrer Verrichtung nötig sind, kennen und verstehen. Wir werden daher nun einen Blick auf die äußeren Organe der Pflanze werfen, dabei aber stets auf das Leben der Pflanze zurückgehen und den Anteil erforschen, den die verschiedenen Organe an der Gesamtlebensthätigkeit der Pflanze haben. Mit andern Worten: wir werden nach dem Zweck der Organe forschen; denn nur im Licht des Lebens selbst läßt sich ein Werkzeug des Lebens verstehen.

Einem Irrtum ist hier aber von vornherein zu begegnen. Des Naturforschers Hauptinteresse liegt darin, die Kausalität, d. h. Ursächlichkeit der Naturerscheinungen aufzudecken; er wird also auch nach der Ursache fragen, derzufolge die Pflanzenorgane gerade diese ihnen eigene Ausbildung haben. Diese Frage ist eine ganz andere als die nach dem Zweck eines Organs. Wenn wir also z. B. auch wissen, daß der Kork den Zweck hat, die Wasserverdunstung aus dem älteren Pflanzenstamm zu verhindern, so ist damit doch nicht die Ursache der Korkbildung erklärt. Darüber müssen wir uns stets klar bleiben, zumal da man heute gar zu gern sich mit der teleo-

logischen (zwecksetzenden) Erklärungsweise begnügt und oft genug glaubt, damit eine ursächliche, kausale Erklärung geliefert zu haben.

Die Organe der Pflanze nach den Lebensaufgaben derselben einzuteilen, wie wir es bei den Tieren machen können, geht nicht gut an, und zwar deshalb nicht, weil die Organe der Pflanze nicht wie die des Tieres einen einheitlichen Charakter haben, sondern viel mehr als die des Tieres zu gleicher Zeit mehreren Zwecken dienen; man müßte sie demnach vom physiologischen Gesichtspunkt aus mehrmals behandeln. Wir wählen daher zur Einteilung lieber einen rein morphologischen Gesichtspunkt.

Ein gutes Einteilungsprinzip wäre es, wenn man die Achsenorgane den Anhangsorganen gegenüberstellte; gebräuchlicher ist es aber, Wurzel und Sproß zu unterscheiden und diese Einteilung wollen auch wir wählen. Der Sproß selbst kann vegetativ sein, d. h. der Ernährung dienen, oder sexuell sein, d. h. der Fortpflanzung dienen. An dem Sproß unterscheidet man als wichtigste Anhangsgebilde die Blätter, so daß man auch wohl von Wurzel, Sproßachse und Blatt als den drei Hauptorganen reden kann.

Ehe wir nun diese Organe näher betrachten, sei noch auf einige allgemeine Punkte etwas eingegangen. Wir haben schon darauf hingewiesen, daß die Abgrenzung der Organe in bezug auf ihr Arbeitsfeld keine scharfe ist, was sich auch darin offenbart, daß ein Organ imstande ist, das eigene Arbeitsfeld unter Umständen vollständig zu verlassen und anderen Zwecken zu dienen. Es sind dann immer bestimmte äußere Verhältnisse, welche mitwirken. Jedenfalls aber können wir für jedes Organ eine den normalen Verhältnissen entsprechende Form auffinden, von der wir passender Weise ausgehen und die wir als die

typische (ständige) Form bezeichnen wollen. Hat das Organ aber, durch irgend welche äußere Verhältnisse veranlaßt, seine eigentliche Arbeit aufgegeben, um eine andere zu leisten, so wollen wir eine derartige Form metamorph (umgestaltet) nennen. Bei derartigen metamorphen Organen hat jedoch nicht etwa ein Rückgang der Lebensthätigkeit stattgefunden. Liegt aber ein solcher vor, so spricht man von reduzierten (verkümmerten) Formen. Endlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Pflanzen eine aufsteigende Leiter der Vollkommenheit aufweisen und daß dabei naturgemäß auch die Organe einen niedrigeren und höheren Grad der Vollkommenheit erkennen lassen werden. Da man sich nun berechtigt glaubt, für die gesamte Lebewelt eine Entwicklung anzunehmen, so faßt man jene niederen Formen als zurückgebliebene, rudimentäre auf.

Das Gesagte wird zwar seine hellere Beleuchtung erst durch die nähere Betrachtung der Organe erlangen, allein es wird doch von vornherein klarer werden, wenn wir es durch ein Beispiel erläutern. Die typische Form des Blattes besitzt, wie wir sehen werden, eine flache Spreite (und einen Stiel), mit einem grünen Blattgewebe und zahlreichen Gefäßbündelsträngen; ein derartiges Blatt dient der Ernährung und Wasserverdunstung. Es können aber Umstände eintreten, denen zufolge diese Aufgabe zurücktritt, ohne daß die Lebenssphäre der Pflanze selbst sich erniedrigte; dann können die Blätter ganz oder teilweise andere Arbeiten übernehmen; so können zu Ranken metamorphosierte Blätter dazu beitragen, einen schwachen Stamm aufrecht zu halten. Als ein Niedergang des Lebens wird es aber betrachtet, wenn die Pflanze den Stand ihrer köstlichen Freiheit, der ihre selbständige Ernährung mittelst Wasser und Kohlensäure erlaubt, verläßt, sich sklavisch anderen Wesen beigesellt und von deren Arbeits-

ertrag zehrt, d. h. wenn sie zum Schmarotzer wird; denn die Schmarotzer gewöhnen sich mehr und mehr an ein dolce far niente, und dies ist stets in der Natur mit einem Rückgang der gesamten Organisation verbunden; derartige Schmarotzerpflanzen verlieren das anderen Pflanzen so kostbare Blattgrün und ihre Blätter schrumpfen mehr oder weniger zu kleinen Schuppen zusammen, denen man den stolzen Namen Blatt nicht mehr recht geben mag. Das ist dann eine reduzierte Form. Ist endlich das Blatt einer niedrigeren Pflanze noch gar einfach gebaut, weil es seinem genügsamen Besitzer nur kleine, einfache Dienste zu leisten hat, wie z. B. beim Moos, wo es oft aus nur einer einfachen Zellfläche besteht, so nennt man es rudimentär.

Aus alle dem geht nun hervor, daß es oft mit Schwierigkeiten verbunden sein wird, aus der fertigen Gestalt eines Organs seine wahre Bedeutung abzulesen. Da bietet sich nun ein gutes Hilfsmittel in der entwicklungsgeschichtlichen Methode dar. Wie die Pflanze sich bekanntlich aus kleinem Anfang entwickelt, so auch ein jedes Organ an ihr. Verfolgt man nun die Entwicklung eines fraglichen Organs, so erhält man oft bemerkenswerte Aufschlüsse, die das fertige Organ verweigert. Eine genaue Untersuchung der Pflanzenorgane kann daher diese entwicklungsgeschichtliche Methode auf keinen Fall entbehren. Wir unsererseits müssen freilich auf eine eingehendere Behandlung von diesem Gesichtspunkt aus verzichten; da jedoch die Entwicklungsgeschichte außerordentlich zum Verständnis der Gestaltkunde (Morphologie) beiträgt, wollen wir diese doch wenigstens durch ein allgemeines Bild von der Entwicklungsgeschichte einleiten.

2. Die Entwicklung der Pflanzenorgane.

Die ganze Pflanze und wäre es auch der mächtigste Eichbaum, entsteht aus einer einzigen kleinen Zelle. Durch vielfache Teilungen geht aus dieser Zelle ein Zellkörper hervor und aus ihm durch Hervorwachsen bestimmter Partieen die Anlage der ersten Organe, die sich dann ihrerseits auf ähnliche Weise durch fortdauernde Teilung ihrer Zellen und dadurch bewirktes Wachstum weiterhin ausbilden und nach und nach die ihnen eigene Form erhalten. Bei der Entfaltung eines derartigen Organs ist dann gewöhnlich nur noch eine Streckung und Ausdehnung dessen, was vorhanden ist, nötig, um es zu vollenden. Im Prinzip ist es nicht nur bei der ersten Anlage eines jungen Pflänzleins so, sondern auch bei der Entstehung neuer Pflanzenteile an der schon erwachsenen Pflanze. Ihr Bildungsort ist unter normalen Verhältnissen entweder der Gipfel der Pflanze und ihrer Seitenäste oder der Winkel des Blattes. Sie führen im allgemeinen den Namen „Knospe", besonders aber dann, wenn bei einer Unterbrechung der Vegetationsperiode das Leben sich hierhin gewissermaßen zum Schlummer zurückzieht, um beim Beginn der neuen Periode von hier aus wieder zu erwachen. Andererseits wächst auch die Pflanze an ihrem Gipfel mehr oder weniger andauernd fort, und zwar sowohl am Sproß wie auch an der Wurzel.

Der äußerste Gipfel der Knospe, der sogenannte Vegetationskegel, ist eine gewölbte Kuppe von zarten, teilungsfähigen Zellen (Meristem), in welchen das geheimnisvolle Leben wie sonst an wenig Stellen des Pflanzenkörpers pulsiert. Hier entstehen die neuen Seitenorgane der Achse, also in erster Linie die Blätter als kleine Zellhöcker, Hervorwölbungen, die mehr und mehr Kapuzenform annehmen, und dadurch den

Vegetationskegel schützend umgeben. Je mehr man sich von dem Gipfel der Knospe entfernt, um so weiter ist die Ausbildung der Blätter vorgeschritten. Die ältesten dienen, durch mannigfache anderweitige Vorkehrungen unterstützt, schon wirksam zum Schutz der Knospe; daß diese, die ja die Hoffnung der ganzen Pflanze darstellt, eines Schutzes bedarf, liegt ja auf der Hand.

Das in der Erde fortwachsende Achsenende, also die Spitze der Wurzel, bietet ein wesentlich anderes Bild. Die Wurzelspitze bedarf nämlich eines ganz besonderen Schutzes, um nicht verletzt zu werden, wenn sie zwischen den Erdteilchen hindurchwachsend ihren Weg durch den Boden sucht. Die eigentliche Vegetationsspitze ist daher hier, wie der Finger vom Fingerhut, von einer Kappe, der sogenannten Wurzelhaube, umgeben, deren Zellen sich ebenfalls von dem Vegetationskegel aus erneuern. Der zweite wesentliche Unterschied besteht darin, daß sich an der Wurzel die Seitenorgane nicht durch Hervorwölben oberflächlich gelegener Zellen und Zellenmassen bilden. Es giebt ja natürlich auch Seitenwurzeln, allein diese entstehen stets nicht oberflächlich, sondern im Innern an der Außenseite des Gefäßbündelcylinders; sie müssen also die mehr oder weniger mächtige Rinde der Wurzel erst durchbrechen.

3. Die Wurzel.

Wir betrachten als Wurzel dasjenige Organ oder System von Organen, welches in die Unterlage (für gewöhnlich der Erdboden) hineinwächst und nicht nur die übrige Pflanze darin festhält, sondern auch aus ihr den einen Teil der Nahrung, nämlich Wasser mit darin gelösten Nährsalzen, zieht.

Schon der Same besitzt ein „Würzelchen“, d. h. ein kleines Zäpfchen, das bei der Keimung zur Wurzel auswächst.

Es hat das sonderbare Bestreben, der Richtung der Schwerkraft folgend, senkrecht nach unten zu wachsen. Bald beginnt es Seitenwurzeln zu treiben, die ihrerseits dasselbe thun, so daß allgemach ein reiches Netz von Wurzeln den Erdboden durchzieht. Selbstverständlich geschieht dies nach dem Bedürfnis der Pflanze; je größer und schwerer diese wird, desto größer ist die Arbeit, welche die Wurzel leisten muß, um die Pflanze, z. B. dem Zug des Windes entgegen, im Boden festzuhalten. Bei Pflanzen mit verholzendem oberirdischem Sproß findet gewöhnlich auch eine Verholzung der unterirdischen Teile der stärksten Wurzeln statt. Die Aufgabe derartiger Wurzeln besteht natürlich lediglich im Festhalten der Pflanze im Boden. Manche Pflanzen erreichen diesen Zweck, indem sie eine kräftige Hauptwurzel, die man dann Pfahlwurzel (Fig. 6, a) nennt, ohne bemerkenswerte Nebenwurzeln, tief in die Erde senden (z. B. die Möhre und andere Doldenpflanzen). Andere hingegen bilden ihre Hauptwurzel weniger stark aus und senden statt dessen von ihr aus allseitig kräftige Nebenwurzeln aus, durch welche sie festgehalten werden, ähnlich wie die Taue den Mast festhalten. Wird die Hauptwurzel sehr stark, so spricht man von rübenförmiger Wurzel (z. B. kultivierte Möhre, Fig. 6, c).

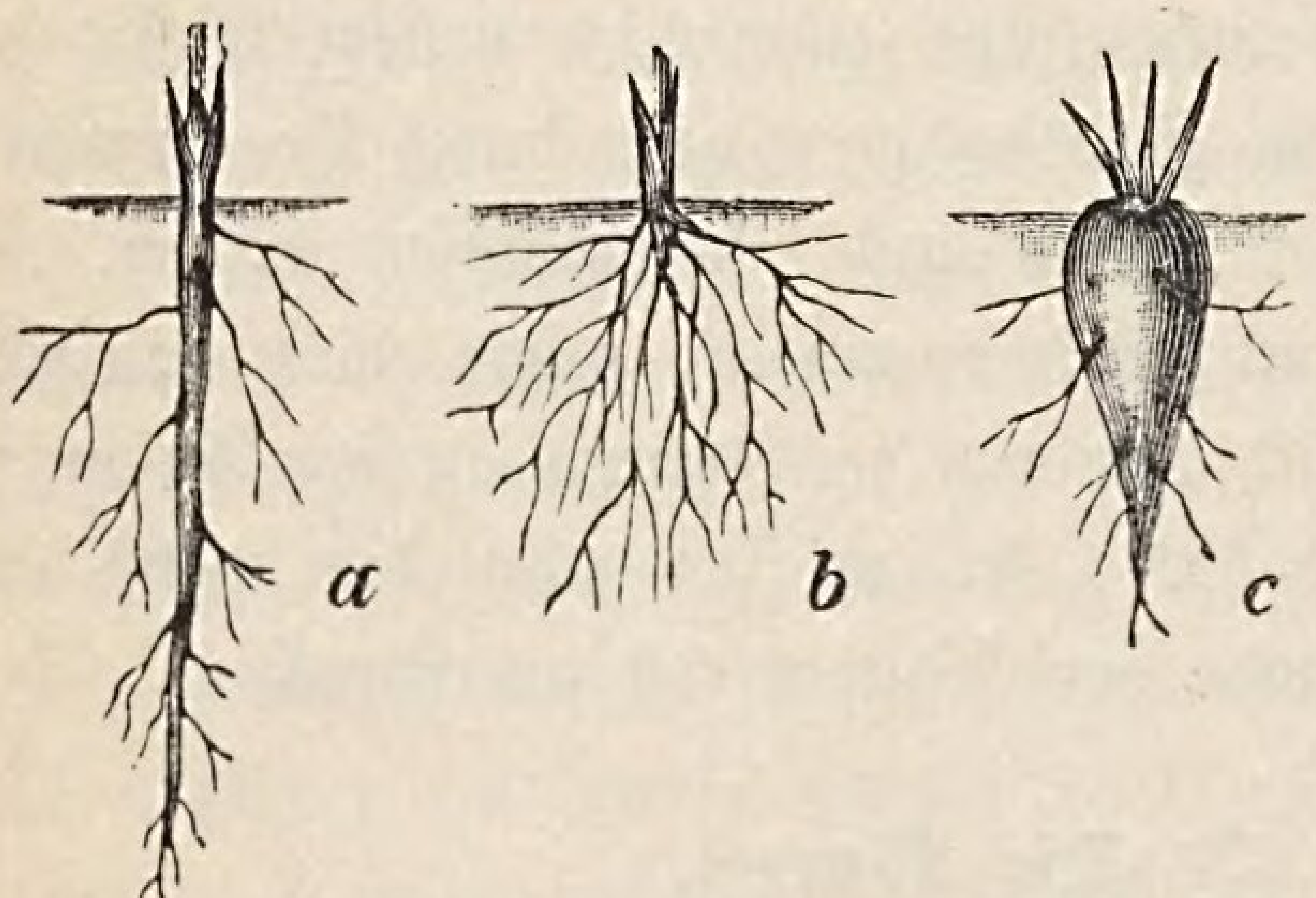


Fig. 6.
Wurzelformen. a Pfahlwurzel, b Faserwurzel, c Rübenwurzel.

Es ist aber gar nicht selten, daß das Würzelchen des

Samens sein Wachstum sehr bald einstellt; dann fehlt von vornherein eine Hauptwurzel und an deren Stelle wachsen am Wurzelende büschelförmig Nebenwurzeln hervor, die nun die Arbeit der Hauptwurzel übernehmen. Man spricht in diesem Fall von Faserwurzeln (Fig. 6, b) (z. B. bei den Gräsern).

Eine zweite Aufgabe der Wurzeln ist die, das Wasser aus dem Boden aufzusaugen. Zu dem Zweck besitzen sie Saughaare, d. h. lange, einzellige Schläuche, Ausstülpungen der Wurzelepidermis, welche in den Boden eindringen und mit den Bodenteilchen geradezu verwachsen, um die Feuchtigkeit des Bodens wirksamer aufsaugen zu können. Junge Wurzeln sind daher wie mit einem Pelz von Erde bedeckt die an den Wurzelhaaren hängt. Diese Wurzelsaughaare stehen aber nicht überall an den Wurzeln, sondern nur in einer bestimmten Region hinter der fortwachsenden Spitze. In dem Maße als die Wurzelspitze weiterwächst, wachsen an ihr auch neue Wurzelhaare hervor und sterben die älteren von hinten her ab. Dadurch werden die wasseraufsaugenden Teile der Wurzeln immer weiter in die Erde hineingeschoben, kommen an immer neue Stellen des Bodens und können denselben besser ausnutzen. Die Menge der Blätter entspricht derjenigen der Wurzelhaare; denn je mehr die Laubblätter Wasser verdunsten, um so mehr muß wieder für Wasseraufnahme gesorgt werden. Ebenso muß eine der aufgenommenen Kohlensäure entsprechende Menge von Wasser aufgenommen werden, damit beide für die Ernährung verwendet werden können.

Das Gesagte steht im engen Zusammenhaug mit jener Eigenschaft der Wurzeln, welche man als Geotropismus, als Streben nach der Erde hin, bezeichnet. Die Hauptwurzel

hat nämlich das Bestreben, senkrecht in die Erde zu wachsen, ein Bestreben, das die Wurzel eben befähigt, in ihre Unterlage einzudringen und das man auf verschiedene Reizwirkungen zurückzuführen hat. Die Schwerkraft zieht die Wurzel nach unten, das Licht treibt sie von sich fort und obendrein zieht Feuchtigkeit sie an. Etwas anders wirken diese Reize auf die Seitenwurzeln, insofern diese nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von der Hauptwurzel ab wachsen.

Die Metamorphose, welche die typische Wurzel erfahren kann, ist keine sehr weitgehende. Es läßt sich denken, daß sie dann besonders eintreten wird, wenn die Umgebung der Wurzel eine veränderte ist. Es giebt an vielen Pflanzen Luftwurzeln, welche zunächst den Zweck haben, die Pflanze zu stützen, sei es dadurch, daß sie sich der Unterlage eng anschmiegen und sich an ihr festsaugen (Epheu), oder daß sie von größerer Höhe zum Erdboden herabwachsen und, wenn sie diesen erreicht haben, als Stützen dienen (Pandanen, Mangrovebaum). Andere Luftwurzeln wachsen entgegen der Sitte ihrer Schwestern, statt in die Erde, aus ihr heraus in die Luft hinein. Sie dienen als Atmungsorgane, welche für die Pflanzen Luft schöpfen. Auch dieses merkwürdige Verhalten findet man an einigen Pflanzen der Mangrovevegetation.

Bei manchen Palmen sind die Seitenwurzeln zu Schutzorganen geworden, indem sie sich in Dornen umwandelten.

Am merkwürdigsten ist es aber doch, daß es Pflanzen giebt, bei denen die Wurzeln geradezu die Arbeit der Blätter übernehmen, indem sie bandförmig glatt sind, reichlich Blattgrün enthalten und dem entsprechend die eigentliche Ernährung besorgen.

Wasserpflanzen zeigen oft eine starke Metamorphose der Wurzel. Das ganze Wurzelsystem kann ja hier naturgemäß vereinfacht sein; ja manchmal ist es auf nur eine einzige

Wurzel beschränkt, wie bei der allbekannten Teichlinse. Bei einer Pflanze, Jussieua, wandelt sich ein Teil der Wurzeln in Schwimmorgane um, indem sie ein schwammiges Gewebe reich an Luft aufweisen, was die Pflanze leichter macht und sie im Wasser emporhebt.

Die reduzierten Wurzeln der Schmarotzer haben zwar dieselbe Doppelaufgabe wie diejenigen der selbständigen Pflanzen, allein sie weisen doch eine gänzlich veränderte Form auf, weil sie diese Aufgaben auf einer ganz anders gearteten Unterlage zu erledigen haben. Es sind gewöhnlich kurze, senkerförmige Fortsätze, welche in den Körper des Wirts eindringen, die Pflanze hier festhalten und gleichzeitig die Säfte des Wirts aufsaugen, wie man das z. B. deutlich an der überall vorkommenden Mistel sieht, wenn man das Stück, welches der Wirtpflanze aufsitzt, genauer untersucht. Bei andren Schmarotzern geht die Reduktion noch weiter, ja schließlich ist die ganze Wurzel nur eine Saugscheibe. Man nennt derartige Saugorgane Haustorien.

Die niedrigeren Pflanzen haben auch einfachere rudimentäre Wurzeln, gewöhnlich Wurzelhaare, die der Oberhaut des Vegetationskörpers unmittelbar entspringen, die aber nach Zweck und Arbeit ganz den Wurzeln der höheren Pflanzen entsprechen (so die Moose und Flechten). Es kann übrigens, wie bei den Schimmelpilzen, vorkommen, daß hierbei die reiche Verzweigung des Wurzelsystems höherer Pflanzen von einer einzelnen Zelle geradezu nachgeahmt wird.

4. Die Sproßachse (Stengel, Stamm).

Wir verstehen unter Sproß denjenigen Teil der Pflanze, welcher sich über die Unterlage erhebt und Blätter und Blüten trägt. Es ist angebracht, die Achse, die Blätter und Blüten für sich gesondert zu betrachten.

Die Aufgabe der typischen Achse prägt sich namentlich im inneren Bau derselben aus. Als Träger anderer Organe hat sie das Bestreben, sich und jene Anhangsorgane aufrecht zu halten, muß also unbedingt den mechanischen Gesetzen der Säulenfestigkeit und der Biegungsfestigkeit entsprechend gebaut sein (s. auch oben).

a) Baumechanik der Achse.

Das Prinzip eines Baumeisters ist bekanntlich, mit möglichst wenig Material möglichst viel zu erreichen. Bei ihrem Aufbau verfährt die Pflanze ebenso. Die Zellen, welche zur Herstellung des mechanischen Baugerüstes benützt werden, sind die Bastfasern, die Holzfasern und das Kollenchym. Um in der Bautechnik einen Tragebalken biegungsfest zu machen, wird er an der Peripherie mit starken „Gurtungen" versehen; alles andere hat als Füllung mechanisch wenig Bedeutung. Den aus Gurtungen und Füllung gebildeten Balken nennt man einen Träger. Solche Träger finden wir nun auch in der Sproßachse der Pflanzen und, da die Pflanze doch allseitig biegungsfest sein soll, müssen die Träger der Sproßachse auch allseitig, d. h. im Kreis verteilt sein. Je zwei durch einen Querschnittsdurchmesser verbundene Gürtungen, d. h. Bastfaserbündel, stellen einen Träger dar. Die Füllungen werden von den anderen Teilen der Gefäßbündel und von dem Grundgewebe gebildet. So bilden z. B. in Fig. 5a je zwei gegenüberliegende Bündel einen Träger. In manchen Fällen erfahren dann derartige einfache, im Kreis gestellte Träger noch Verstärkungen durch mechanische Elemente, seien es Bündel von isolierten Bastfasern oder von Kollenchym. In einem anderen Fall schließen die einfachen Träger seitlich zu einer cylindrischen Röhre zusammen, an die sich dann die Leitbündel innen oder außen

anlegen. Auch hier können Verstärkungen eintreten, die oft die cylindrische Baströhre direkt mit der Epidermis verbinden.

Ein dritter Haupttypus entsteht, wenn die einzelnen Gefäßbündel für sich (nicht zwei sich auf einem Durchmesser gegenüberliegende Bündel) Träger darstellen, indem sie auf beiden Seiten Gurtungen besitzen; es kommt das besonders bei den Monokotylen vor. Oft finden sich dabei mehrere Kreise von konzentrischen Trägern. Zuweilen erfahren sie eine besondere Verstärkung durch eine cylindrische Röhre.

Wir müssen uns mit diesen wenigen Andeutungen über dieses hochinteressante Gebiet der pflanzlichen Baumechanik begnügen. Es ist übrigens eines jener Gebiete, deren Erforschung schon mit geringeren Hilfsmitteln auch der Laie sich angelegen sein lassen kann; denn da es sich ja dabei nur um gröbere anatomische Verhältnisse handelt, so kommt man schon mit geringeren Vergrößerungen aus.

Wir wollen übrigens bei der vorliegenden Frage nach der Säulen- und Biegungsfestigkeit der Sproßachsen doch noch eines Umstandes gedenken, der uns einen Fingerzeig dafür giebt, daß man sich hüten muß, lediglich den besprochenen Bauverhältnissen mechanische Bedeutung zuzusprechen. Wenn man einer sonst aufrechtstehenden krautigen Pflanze die Oberhaut abzieht, so verliert sie bedeutend an Biegungsfestigkeit, und wenn man sie unverletzt aus dem Boden nimmt und auch nur kurze Zeit an der Luft liegen läßt, so wird sie, wie man sagt, welk, d. h. nichts anderes als, sie verliert ihre Biegungsfestigkeit und erschlafft in ihren Geweben. Daraus geht unzweifelhaft hervor, daß die Biegungsfestigkeit das Produkt mehrerer Faktoren ist: es kommt zu der inneren Baumechanik der Sproßachse noch hinzu die Spannung, welche von der elastischen Oberhaut ausgeübt wird und die Spannung der mit Wasser gefüllten Zellen.

In dem Vorstehenden ist jedoch nur der einen Aufgabe gedacht, welche die Sproßachse zu erfüllen hat, nämlich die Pflanze aufrecht zu erhalten. Daneben soll sie auch für die Zuleitung der Nährstoffe und die Ableitung der Baustoffe Leitungsbahnen herstellen. Wir wissen schon, daß hierfür wiederum die Gefäßbündel von besonderer Bedeutung sind, weshalb man ihnen auch den passenden, wenn auch etwas einseitigen Namen Leitbündel erteilt hat. Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß diese allerhand Zellen und Röhren enthalten, welche wässerige und eiweißartige Stoffe leiten. Es mag genügen, darauf noch einmal hinzuweisen.

b) Ausbildung der Achse nach der Lebensdauer.

Die Sproßachse hat in der ersten Lebenszeit der jungen Pflanze stets einen krautigen Charakter. Bei kurzlebigen Arten behält sie diesen auch stets bei, ebenso oft bei solchen, welche mit ihren oberirdischen Teilen bei Abschluß der Vegetatiosperiode absterben. Bei solchen Pflanzen hingegen, welche eine längere Lebensdauer haben, nimmt die Achse, um den Winter überstehen zu können, eine holzige Beschaffenheit an, die wiederum mit oben berührten anatomischen Veränderungen zusammenhängt und sich äußerlich in Kork- und Borkenbildungen offenbart.

Man ist gewohnt, nach der mit der Lebensdauer zusammenhängenden Beschaffenheit der Sproßachsen die Pflanzen als Kräuter, Stauden und Holzpflanzen zu bezeichnen. Die Kräuter sind einjährig, wenn sie ihr Leben in einer Vegetationsperiode abspielen, zweijährig, wenn ein Teil des Sprosses samt den Wurzeln den Winter überdauert und im nächsten Jahr erst das Leben beschließt. Unter Stauden versteht man hingegen mehrjährige Pflanzen, welche

mit unterirdischen Organen überwintern, ihre oberirdischen, krautigen Teile jedoch im Winter abwerfen. Bleiben die oberirdischen Teile auch während des Winters, so sind sie gewöhnlich holzig und man nennt die Pflanzen dann Holzpflanzen. Behalten sie ihr Laub jahraus, jahrein, so sind sie immergrün; verlieren sie es im Herbst, so heißen sie sommergrün (laubwechselnd).

c) Gliederung und Verzweigung der Achse.

Die Sproßachse trägt die Blätter, an deren Ansatzstellen sie mehr oder weniger zu einem Knoten verdickt ist. Von ihm aus zweigen in die Blätter gewisse Gefäßbündel ab, um dieselben mit den Hauptleitungsbahnen der Achse in Verbindung zu setzen. Durch diese Knoten wird die Sproßachse in einzelne Abschnitte geteilt, die man Internodien nennt. Die Blattachsel ist, abgesehen von der fortwachsenden Endknospe, der Ort der Neubildung am Sproß. Hier in der Blattachsel entstehen Knospen und aus ihnen Seitenachsen höherer Ordnung, wodurch die Verzweigung eingeleitet wird.

Die normalen Seitensprosse sind stets an die Achsel eines Blattes gebunden. Es giebt aber auch sog. Adventivsprosse, welche überall an der Pflanze auftreten können. So entstehen z. B. am Stamm der Pappeln und Weiden derartige Adventivsprosse, wenn sie der Krone beraubt sind; das in dem Stamm noch vorhandene Uebermaß von Kraft treibt dieselben gewissermaßen zur Erneuerung; da aber der Ort ihrer gesetzmäßigen Entstehung, d. h. die Blattachsel, nicht mehr vorhanden ist, so suchen sie einen Weg, wo sie ihn finden. Auch die Blattstecklinge der Begonien sind nichts andres als derartige Adventivsprosse. Bemerkenswert sind auch die sogenannten „reparativen Wurzelsprosse", welche beim

Löwenzahn, Gänsefingerkraut u. a. an den Wurzeln entstehen, wenn die oberirdischen Teile gewaltsam zerstört worden sind.

Die Verzweigungsverhältnisse sind äußerst mannigfach; wir können hier demnach nur allgemeine Richtlinien der dabei wirksamen Gesetze aufstellen. Es handelt sich dabei um das Verhältnis der Ausbildung von Haupt- und Nebenachsen. In dieser Beziehung kann zunächst eine grundsätzliche Verschiedenheit darin beruhen, daß die Hauptachse entweder an ihrem Ende ihr Wachstum einstellt, so daß Nebenachsen an ihre Stelle treten, oder daß sie weiter wächst und die Nebenachsen hinter ihr im Wachstum zurückbleiben. Im ersten Falle ist die Verzweigung eine Dichotomie (Gabelung), im zweiten ein Monopodium. Das Monopodium nennt man racemös, wenn die Nebensprosse in ihrer Entwicklung stets hinter ihrem jedesmaligen Hauptsproß zurückbleiben, so daß dieser sofort erkenntlich ist, dagegen heißt es cymös, wenn die Nebensprosse ihre Hauptsprosse, sowohl was Entwicklung als Verzweigung anbelangt, bald überholen.

Die Verzweigunsverhältnisse treten mit besonderer Deutlichkeit und Mannigfaltigkeit in den Achsen der Blütenregion d. h. in den sog. Blütenständen auf (Fig. 7). Racemöse Verzweigungen sind hier wieder entweder ährenartig, wenn die Seitenachsen, ohne sich zu verzweigen, sofort Blüten tragen oder rispenartig, wenn die Seitenachsen sich weiter verzweigen. Wenn bei der ährenartigen Verzweigung die Hauptachse verlängert ist, und die Blüten ohne Stiel sitzen, so spricht man von einer Aehre (Wegerich); sind die Blüten lang gestielt, so ist es eine Traube (Reseda). Sind bei ährenartiger Verzweigung und kurzer Hauptachse die Blüten ungestielt, so ist der Blütenstand ein Köpfchen (Klee) oder Körbchen (Kamille), dagegen eine Dolde (Schirling), wenn er unter denselben Verhältnissen lang-

gestielte Blüten besitzt. Auch die rispenartige Verzweigung läßt mancherlei Abänderungen zu.

Bei der cymösen Verzweigung der Blütenstandachsen richtet sich die Verschiedenheit nach der Zahl der unter der Endblüte, die den Hauptsproß darstellt, entstehenden Seitenblüten. Ist es nur einer, so entsteht eine Scheinachse; wenn sich die Seitensprosse nur nach einer Seite entwickeln, so nennt man den Blütenstand Schraubel (Vergißmeinnicht); wenn sie sich abwechselnd nach zwei Seiten entwickeln, so ist der Blütenstand ein Wickel (Johanniskraut). Wenn mehrere gleichartige Seitensprosse vorhanden sind, so kann man von einer Scheinachse nicht reden; sind diese Seitensprosse nach Zahl und Länge unbestimmt, so ist es eine Spirre (Binse); sind dagegen die an Zahl geringen Seitensprosse gleich lang, so ist es eine cymöse Dolde (Wolfsmilch); sind es endlich nur zwei, so ist es ein Dichasium (Nelke).

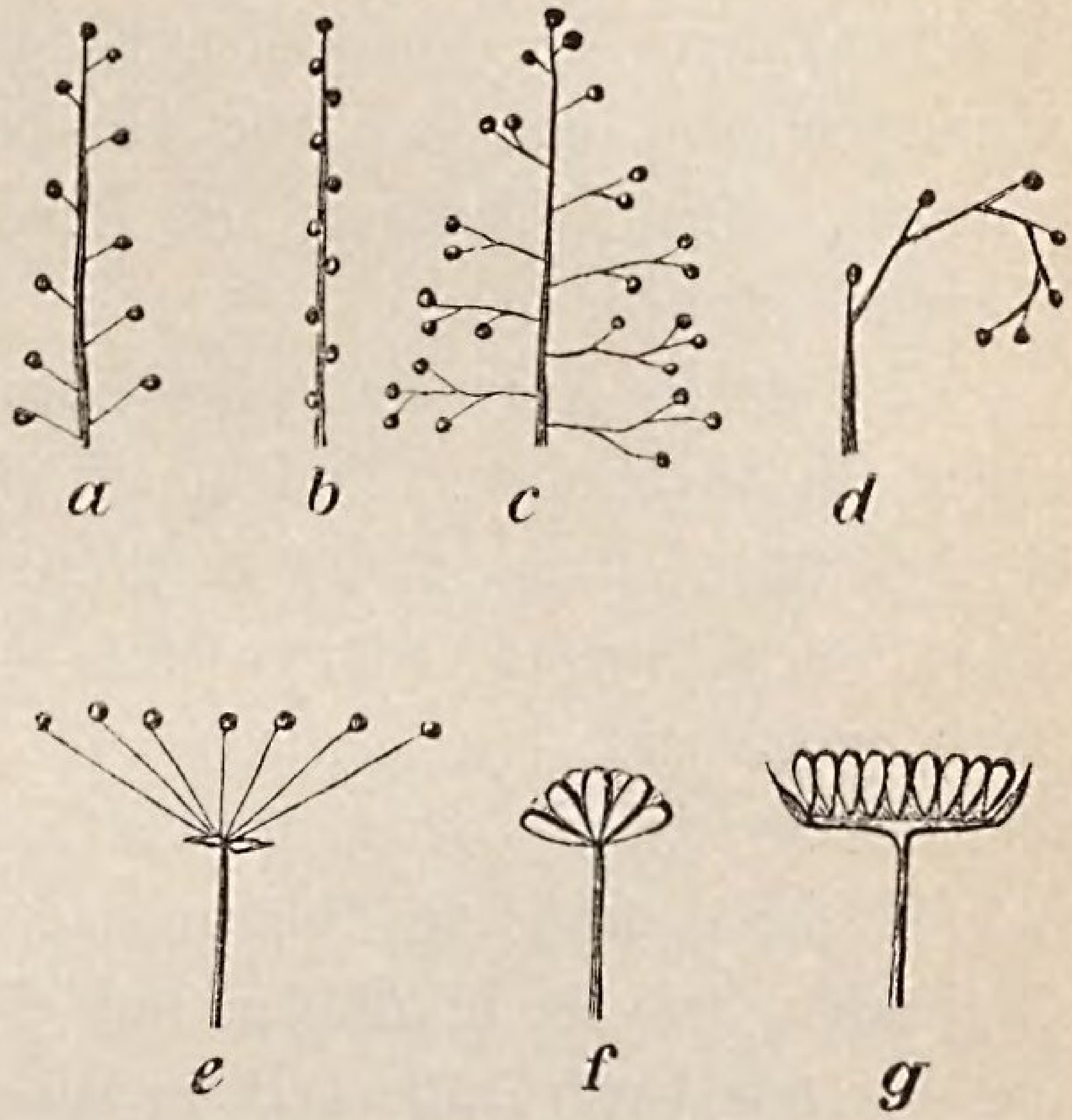


Fig. 7.
Schemata der Blütenstände.
a Traube, b Aehre, c Rispe, d Schraubel, e Dolde, f Köpfchen, g Körbchen.

d) Der Knospenstamm.

Der jugendliche Sproß des Keimpflänzchens hat eine sehr gekürzte Achse, welche einerseits direkt in das Würzelchen

übergeht, andererseits zwei besondere Blätter, die Keimblätter, trägt und zwischen diesen ein kleines Knöspchen, die sogenannte Plumula. Diese erste Sproßachse der Pflanze heißt das hypokotyle Stengelglied. Durch seine Streckung wird die junge Keimpflanze aus der Samenhülle herausgeschoben und das erste Blattpaar dem Licht entgegengetragen. Dieser Vorgang, die Keimung, zeigt mannigfache Verschiedenheiten.

Die andere Jugendform der Sprosse, nämlich der Seitenachsen, ist die Knospe. Auch sie ist eine stark verkürzte Achse, aber es sitzen an ihr zahlreiche Blätter, welche, je weiter nach innen, desto unausgebildeter und mannigfach gefaltet sind. Nach außen wird dies ganze Gebilde von besonderen Blättern umhüllt, deren wir später noch gedenken werden. Die Knospen sind Organe, welche die Pflanze nach einer Unterbrechung der Vegetation, wie sie in Wüsten und Steppen durch Trockenheit und bei uns durch Kälte hervorgerufen wird, erneuern sollen, und daher auch eine Eigentümlichkeit der betreffenden Klimate.

Es sei hier noch zweier anderer Knospenarten gedacht, nämlich der Brutknospen mancher Pflanzen, welche sich von dem Muttersproß loslösen und eine neue Pflanze bilden, und ferner der sog. schlafenden Knospen. Dieselben entstehen wie andere normale Knospen in den Achseln der Blätter, allein sie verschwinden, indem sie nicht zur Entwicklung kommen und von der Rinde des Baumes überwallt werden. Sie behalten aber doch noch als eine verborgene Reserve ihre Entwicklungsfähigkeit, und wenn einmal die Krone des betreffenden Baumes fortgenommen wird, so daß der Baum alle seine normal angelegten Knospen verliert, so brechen sie, die Schläfer, aus der Verborgenheit hervor und suchen noch einmal die Existenz des Baumes zu retten. Es liegt auf der Hand,

daß diese aus „schlafenden Knospen" hervorgegangenen Sprosse oft mit Adventivsprossen verwechselt werden können.

Anmerkung. Die Form und Ausbildung der Sproßachsen kann im übrigen eine sehr verschiedenartige sein; sie wird durch innere Gesetze und durch die äußeren Verhältnisse in gleicher Weise bestimmt. Uebrigens ist sie derartig mit dem Blatt verknüpft, daß wir bei dessen Besprechung noch manche Einzelheiten berühren werden, die wir hier übergehen. Wir wollen auch der metamorphosierten und anderer Formen der Achse erst später gedenken und lieber des besseren Verständnisses halber sofort zur Betrachtung des Blattes übergehen.

5. Das Blatt.

a) Teile des Blattes.

Das Blatt ist das wesentlichste Organ der Sproßachse, da es als wichtiges Ernährungsorgan zur Erhaltung des Individuums dient, was nun doch einmal bei dem berechtigten Egoismus in der Natur die Hauptsache ist. Das Blatt hat seiner Bedeutung als Ernährungsorgan zufolge einen hierauf eingerichteten anatomischen Bau, dessen wir oben schon zur Genüge gedachten. Aeußerlich zeigt es drei Hauptteile; den Blattgrund d. h. den Teil, mit welchem es an der Sproßachse sitzt, den Blattstiel und die Spreite (Fig. 8). Zu

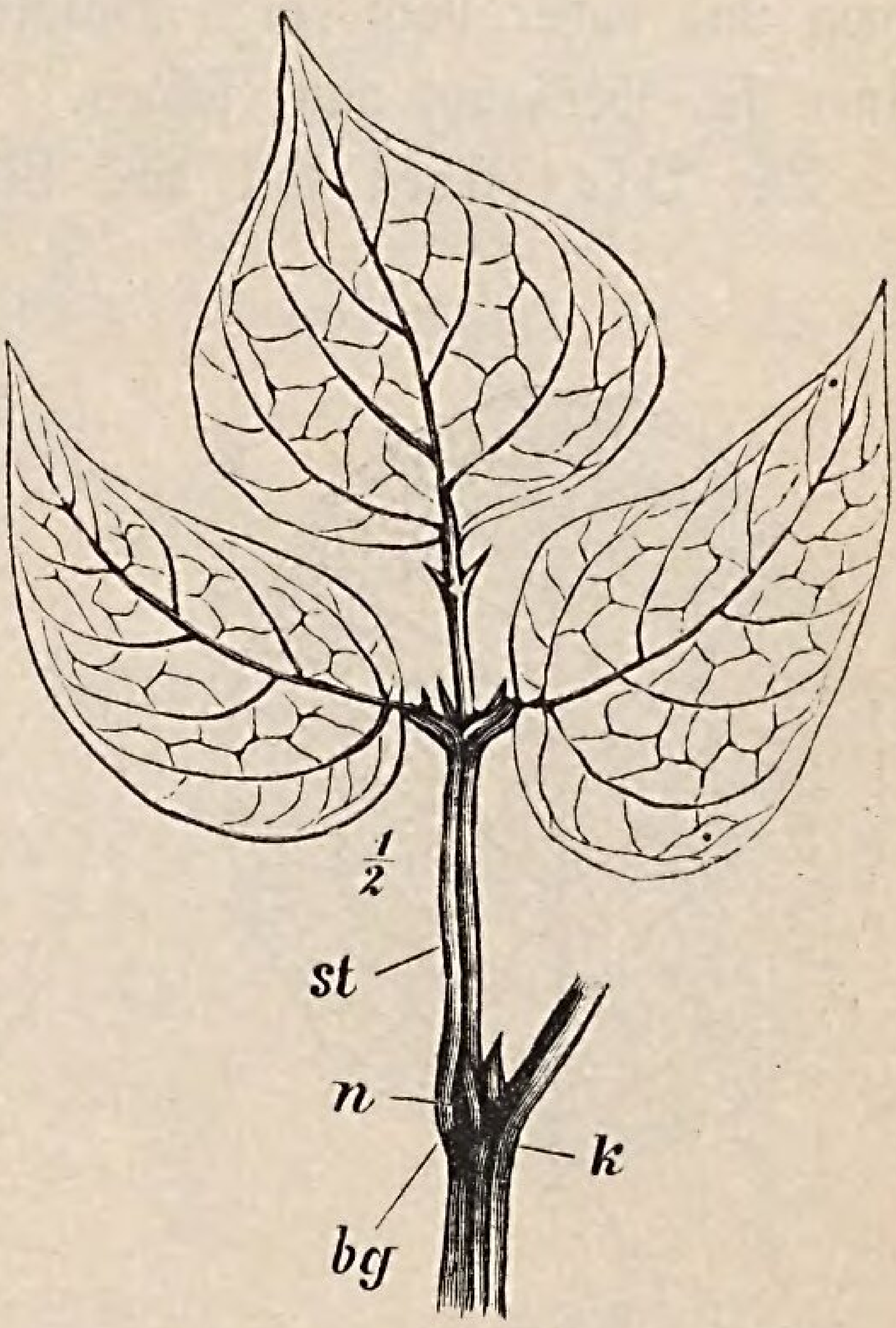
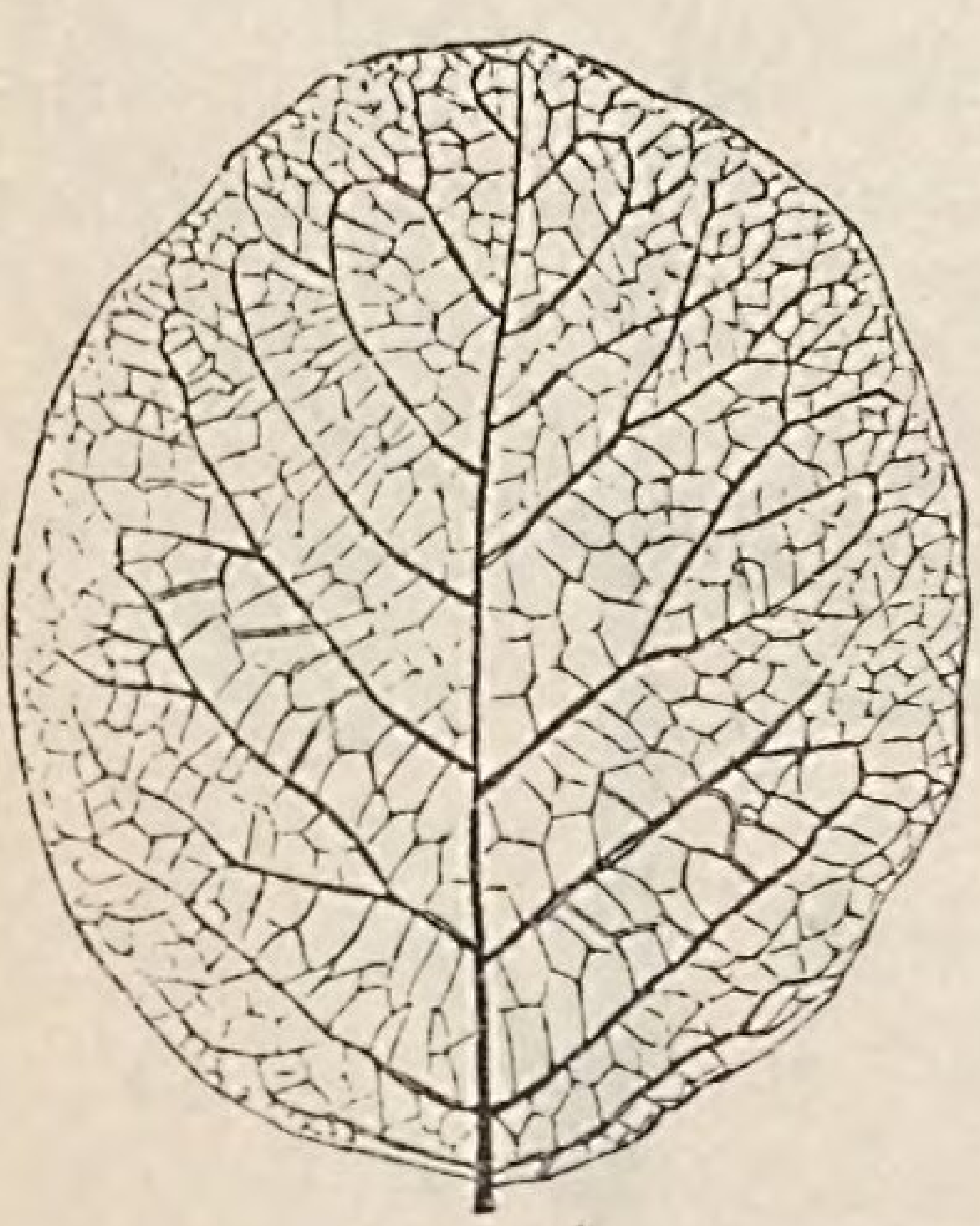


Fig. 8.
Phaseolus multiflorus, Bohne, Blatt, 1/2. s Spreite (dreiteilig), st Blattstiel, bg Blattgrund, n Nebenblätter, k Knoten der Achse.

dem Blattgrund gehören die sogenannten Nebenblattbildungen an, d. h. gesonderte, blattartige Bildungen, die neben dem Blattstiel auftreten. Wenn der ganze Blattgrund eine den Stengel umfassende Erweiterung erfährt, so nennt man dies eine Scheide; sie dient zum Schutz der Knospen oder, wie bei den Gräsern, zum Schutz und Aufrechterhalten eines schwachen Stengels. Mehr blattartige Gebilde des Blattgrundes heißen Nebenblätter (Stipulae). Sie können, wie beim Stiefmütterchen und bei der Erbse, eine größere Ausdehnung gewinnen, ja sogar die fehlende Blattspreite wirksam vertreten; andererseits können sie zum Schutz der Knospe dienen und daher nach deren Entfaltung abfallen oder endlich können sie überhaupt ganz fehlen.

Der Blattstiel soll das Blatt tragen und es in die



1/1

Fig. 9.
Blatt von Symphoricarpus racemosus, Schneebeere.

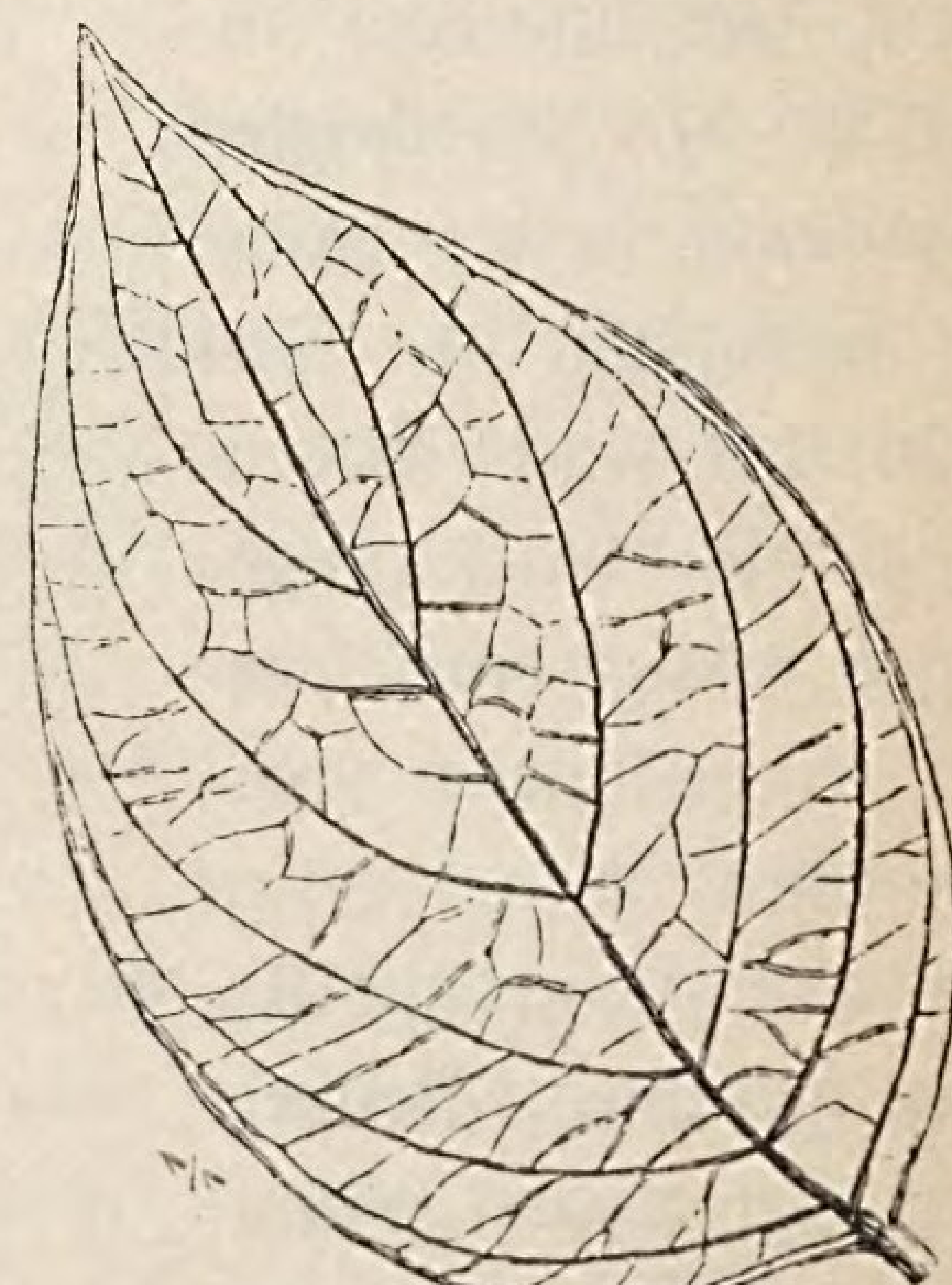


Fig. 10.
Blatt von Viburnum spec., Schneeball.

günstigste Lage d. h. in Licht und Luft befördern; seine Ausbildung hängt daher ganz besonders von den Umständen ab.

Er ist kurz, wenn die Blätter auch ohne ihn Licht und Luft genug bekommen, lang, wenn die Pflanze in einem dichten Gewirr von ihresgleichen und anderen Bürgern des Pflanzenstaates lebt, so daß jedes Blatt sich anstrengen muß, daß es zu seinem Recht kommt. Er kann einen verschiedenartigen Querschnitt besitzen. Hat er auf der Oberseite eine Furche, so ist dies gewissermaßen die Dachrinne, welche den Regen von der Blattfläche aus zum Stengel und an diesem hinunter zur Erde leitet. Vorkehrungen am Stengel wie Rinnen, Haarleisten, flügelartige Vorsprünge und Leisten unterstützen diese Arbeit des Blattstiels.

Die Blattfläche oder Spreite (Lamina) besteht aus einem grünen Flächengewebe, das von einem reichen Netz von Gefäßbündeln durchzogen ist, s. unten. Die Blattform ist einer großen Mannigfaltigkeit unterworfen. Da sprechen

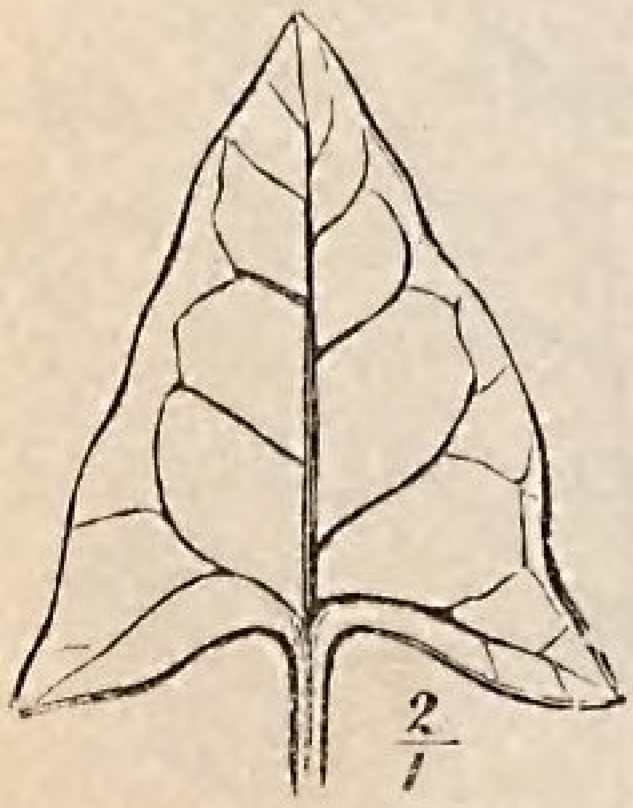


Fig. 11. Blatt von Atriplex latifolia.

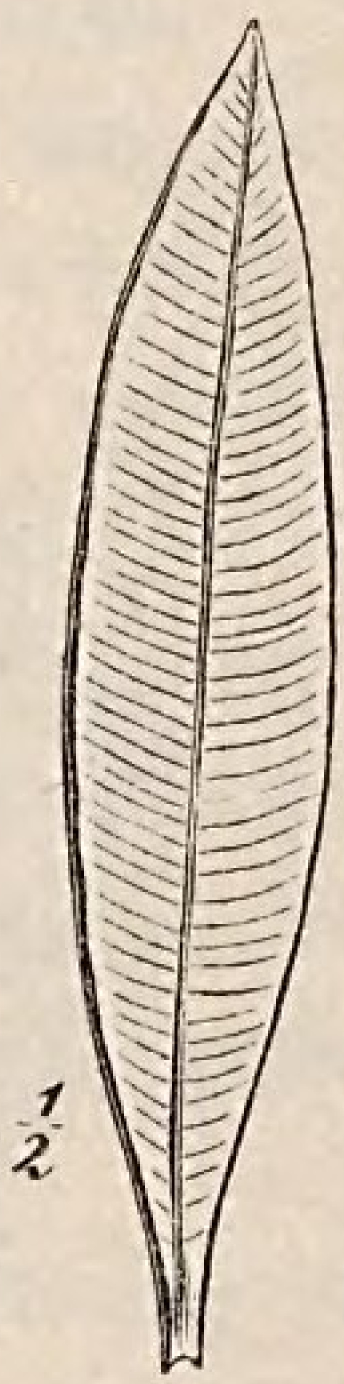


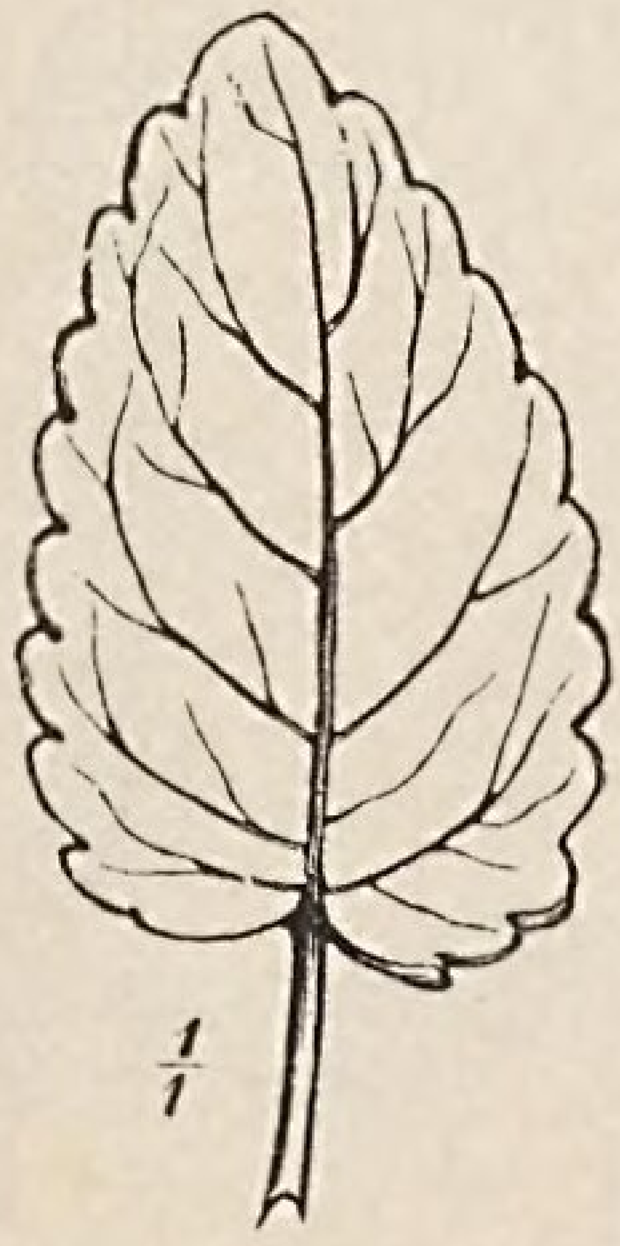
Fig. 12. Blatt von Nereum Oleander.



Fig. 13. Blatt von Convallaria majalis, Maiblume.

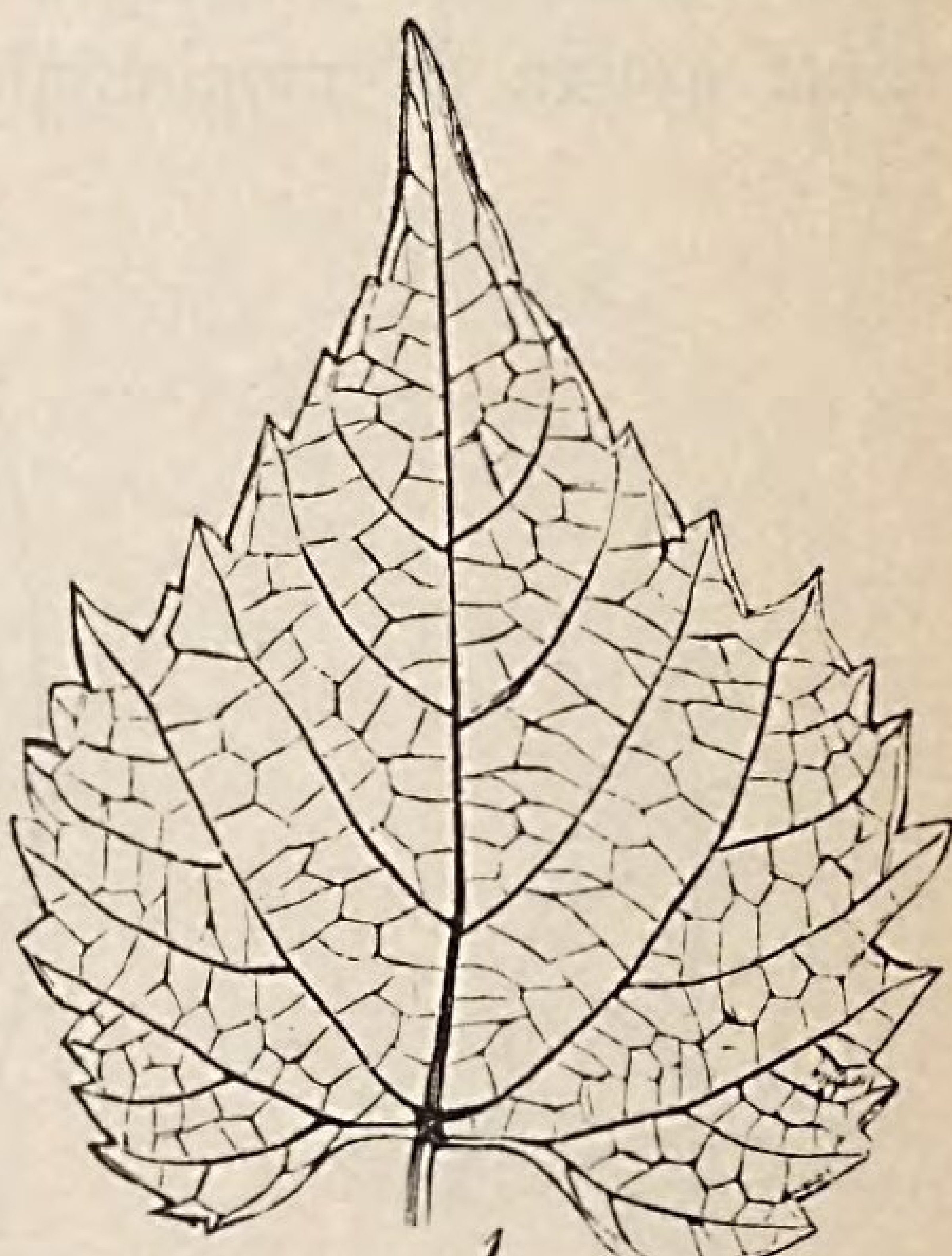
wir von runden (Fig. 9), eiförmigen (Fig. 14), elliptischen (Fig. 10), herzförmigen (Fig. 15), nierenförmigen, pfeil- und

spießförmigen, dreieckigen (Fig. 11), lanzettlichen (Fig. 12), linealen Blättern. Vollständig einfach und ungeteilt ist die Blattfläche selten, sie zeigt zum wenigsten einige Einschnitte am Rand. Sind hierbei Zähne und Einschnitte spitz, so heißt der Rand gesägt (Rose) (Fig. 18 und 15); sind die Zähne spitz, die Einschnitte abgerundet, so ist das Blatt gezähnt (Löwenzahn) (Fig. 17); gekerbt (Gundelrebe) (Fig. 14) nennt man es, wenn die Zähne abgerundet, die Einschnitte dagegen spitz sind; buchtig endlich, wenn beide abgerundet sind (Eiche). Gehen die Einschnitte tiefer, so wird das sonst ganze Blatt lappig (Fig. 16) oder spaltig (Fig. 17) geteilt genannt, je nachdem die Teilung geringer oder größer ist. Entweder gehen dann die Teile von einer Stelle aus wie die Finger



1/1

Fig. 14.
Blatt von Mercurialis annua, Bingelkraut.



1/1

Fig. 15.
Blatt von Vitis vulpina, Fuchswein.

von der Hand: fingerförmige Teilung (Fig. 17, die hier dargestellte Art der Teilung wird speziell fußförmig genannt),

oder die Teile liegen seitlich an einer Hauptspindel, so wie die Fasern der Feder an ihrer Spule sitzen: fiederförmige Teilung.

Gehen die Einschnitte nun noch weiter, so daß sie selbstständige Abschnitte bilden, so heißt das Blatt zusammengesetzt, wobei man wieder das gefingerte Blatt von dem gefiederten (Fig. 18) unterscheidet. Die Zusammensetzung kann sich mehrfach wiederholen (doppelt-, dreifach- u. s. w. gefiederte Blätter).

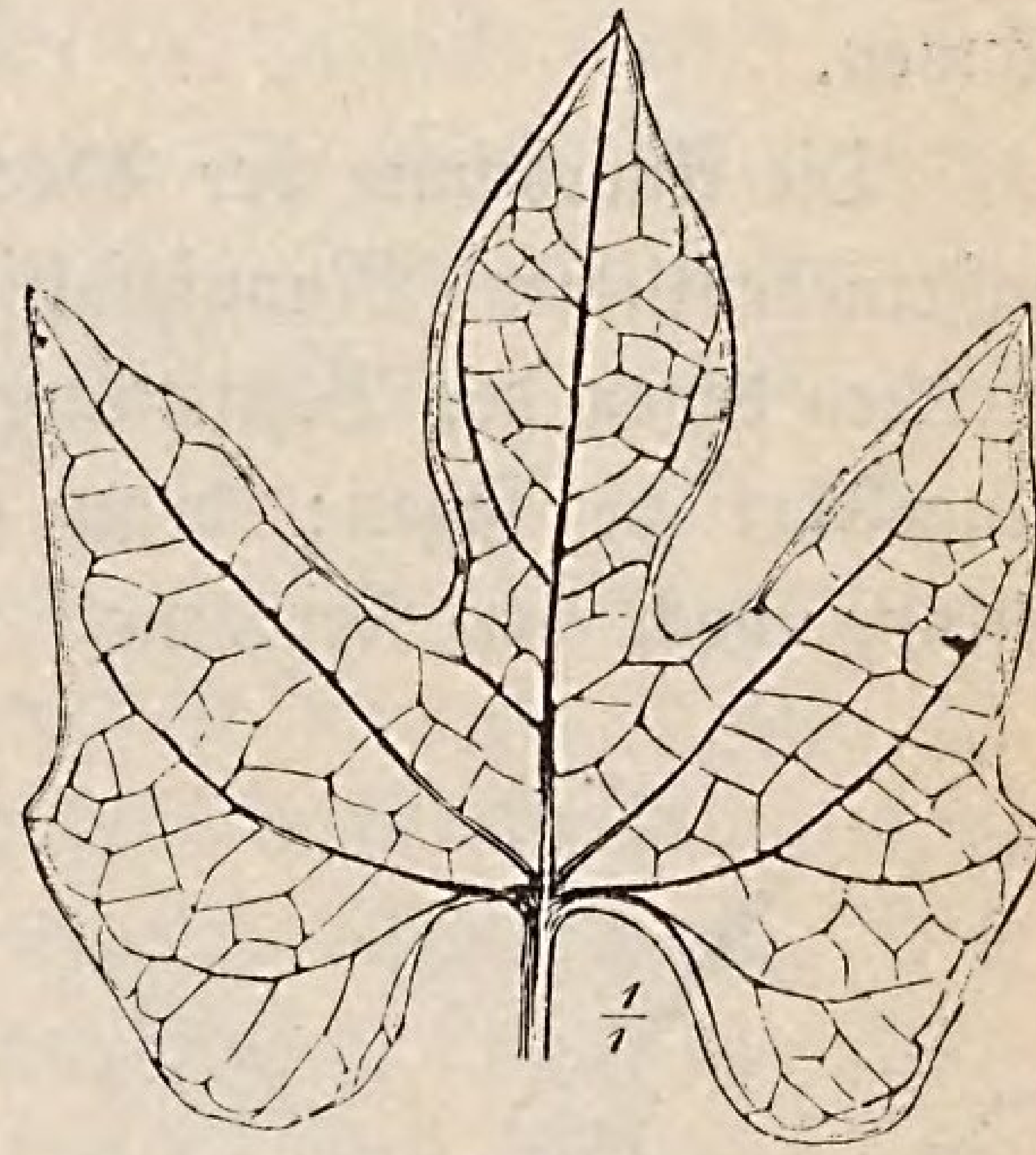


Fig. 16.
Blatt von Mina lobata.

Man könnte nach dem Zweck dieser Verschiedenheit in der Blattbildung fragen. Wir sind uns aber darüber noch nicht klar genug. Ein einfaches Blatt ist, zumal wenn es sonst nicht genügend dagegen geschützt ist, dem Zerreißen durch allerhand mechanische Einflüsse, wie in Sonderheit Wind, Hagel und Regen, stark ausgesetzt. Man wäre fast versucht, bei einem zusammengesetzten Blatt zu sagen: die Natur habe hier das Zerreißen gesetzmäßig selbst besorgt, um dem unregelmäßigen Zerreißen durch äußere Einflüsse vorzubeugen.

b. Die Nervatur des Blattes.

Die Nervatur des Blattes verfolgt einen doppelten Zweck. Sie stellt einmal die für das Blatt nötigen Leitungsbahnen her und ferner bildet sie ein festes Gerüst, welches die Blattfläche ausgebreitet dem Licht entgegenhält. Dem zweiten Zweck dienen vornehmlich die stärkeren Stränge;

zwischen denselben findet sich aber ein äußerst feines Netz dünner Adern, die man oft erst bei durchscheinendem Licht sieht und die das Ernährungsgewebe derartig durchziehen, daß von ihm aus die Baustoffe allseitig auf dem kürzesten Weg in die Hauptverkehrswege des Pflanzenkörpers gelangen können.

Die Anordnung der Adern ist wiederum ein Gebiet von außerordentlicher Mannigfaltigkeit. Ihre Haupttypen entsprechen denen der Blattteilung. Richtiger wäre es freilich es umgekehrt zu sagen; denn offenbar richtet sich die Blattteilung nach der Nervatur. Das Blatt hat entweder einen

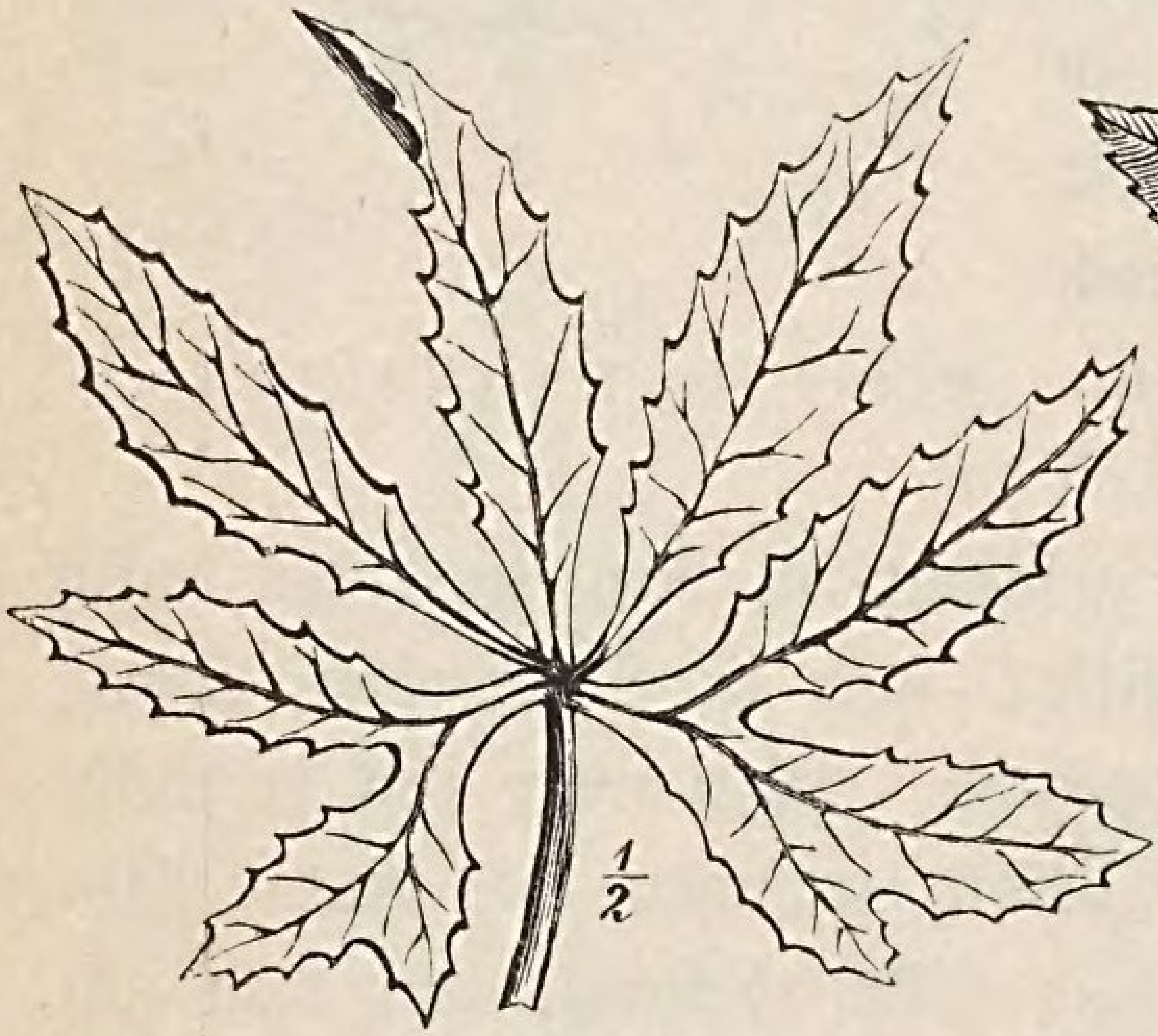


Fig. 17.
Blatt von Cyclanthera pedata.



Fig. 18.
Blatt von Rosa canina.
st Stengel, n Nebenblätter.

(Schneebeere Fig. 9) oder mehrere Hauptstränge (Maiblume Fig. 13). Durchzieht ein Hauptstrang das Blatt und zweigen sich von ihm die Seitenstränge ab, so ist das Blatt fiedernervig (Fig. 9—15); sondern sich dagegen die Seitenstränge sogleich an der Spreitenbasis

vom Hauptstrang ab, so daß sie von vornherein ziemlich gesondert bleiben, so ist das Blatt strahlen- oder handnervig (Fig. 16 und 17). Für den ersten Fall bietet das Blatt des Schneeballs, für den zweiten der Ahorn ein deutliches Beispiel. Bei beiden Typen sind wieder nach dem Verlauf der Seitenstränge vier Formen bemerkenswert: gehen diese Stränge am Blattrand in ein Netz feiner Adern über, so nennt man die Nervatur netzläufig (Schneebeere Fig. 9); enden sie dagegen in den Zähnen oder Einschnitten des Randes, so ist sie randläufig (Wein Fig. 15); wenden sie sich in einem Bogen zur Spitze hin, bogenläufig (Schneeball Fig. 10); legen sie sich an die folgende Ader an, so daß eine Schlinge entsteht, schlingenläufig (Kirsche, Melde Fig. 11).

Mehrere Hauptstränge finden sich besonders im Blatt der Monokotyledonen, wie z. B. der Gräser, Lilien und Maiblumen (Fig. 11), aber auch bei manchen Dikotyledonen, wie beim Wegerich. Nach dem Verlauf der Adern unterscheidet man leichtverständlich spitz-, krumm- und parallelläufige Nervatur.

Eine Untersuchung und Darstellung der Nervatur gehört zu jenen Gebieten, die sich für den Laien besonders eignen und ihm viel Befriedigung gewähren; abgesehen von dem einfachen Pressen der Blätter sei die Darstellung des Adernetzes in schwach mazerierten Blättern (man läßt sie ein wenig in Wasser liegen und trocknet sie dann ab) durch Ausklopfen mittelst einer Bürste, die photographische Darstellung und der Naturselbstdruck erwähnt. Bei der photographischen Darstellung legt man das Blatt auf das bekannte lichtempfindliche Papier, spannt beide in einen Kopierrahmen und setzt denselben der Sonne aus, bis das Bild des Blattes etwas dunkler als gewünscht hervortritt; sodann

wird das Papier in einem sogenannten Tonfixierbad fixiert und getont, endlich ausgewaschen und getrocknet. Das Naturdruckverfahren besteht darin, daß man das Blatt mit seiner Unterseite auf fein verriebene Oelfarbe legt und dann als Klischee auf weißem Papier zum Drucken benutzt.

Die Bedeutung der Nervatur für die wissenschaftliche Botanik leuchtet vor allem ein, wenn man bedenkt, daß die Verteilung der Gefäßbündel im Blatt eine ganz auffallende Beständigkeit zeigt, so daß man also aus den Abdrücken der Blätter aus früheren Zeitaltern der Erdgeschichte auf die systematische Stellung der betreffenden Pflanzen schließen kann.

c. Die Blattstellung.

Einer besonderen Aufmerksamkeit bedarf noch die Stellung der Blätter an der Sproßachse. Auch sie ist gesetzmäßig. Sie ist entweder eine spiralige oder eine bilaterale (zweiseitige). Im ersten Fall erhalten wir, wenn wir die Ansatzstellen der Blätter verbinden, eine um die Achse fortlaufende Spirallinie, im zweiten Fall stehen die Blätter der Art, daß man an der Achse eine Rücken- und Bauchseite unterscheiden kann. Diese beiden Formen finden wir übrigens auch sonst im Aufbau der lebenden Wesen. Die Blüte der Seerose ist spiralig gebaut, jedes Blatt ist bilateral; denn es hat eine Rücken- und Bauchseite (Ober- und Unterseite), sowie eine rechte und linke Seite. Bilaterale Anordnung der Blätter an der Achse tritt besonders an Pflanzen auf, die mit ihrer Achse auf der Unterlage hinkriechen (z. B. Flechten). Die spiralige Anordnung der Blätter hat zur Aufstellung eines mehr oder weniger feststehenden Gesetzes geführt (Schimper und Braun). Die seitliche Entfernung zweier aufeinander folgenden Blätter (d. h. eigentlich ihre Horizontalprojektion), die sogenannte

Divergenz, ist ein Bruchteil des Umfangs der Achse, und zwar ihrem Wert nach konstant; daher stehen die Blätter am Stengel in Reihen übereinander (in sogenannten Orthostichen). Auch ist die Zahl der zwischen zwei in derselben Höhe aufeinander folgenden Blättern stehenden Blätter eine bestimmte. Man bestreitet jedoch heute die absolute Geltung derartiger Gesetze. Mag dem sein, wie ihm wolle, jedenfalls hat auch die Blattstellung wieder ihre ganz bestimmten Zwecke. Durch die gesetzmäßige Anordnung der Blätter wird bewirkt, daß keines dem anderen im Wege steht, daß vielmehr jedes sein Bedürfnis nach Luft und Licht befriedigen kann. Beobachtet man die Blattanordnung an einem Baum oder Strauch, so merkt man, daß sich thatsächlich die Blätter nicht gegenseitig hindern, daß sich auf alle Teile der Pflanze das Licht gleichmäßig verteilt; das ist die wohlthätige Wirkung der gesetzmäßigen Blattstellung.

d. Die Metamorphosenstufen des Blattes.

Wenn wir die Reihenfolge der Blattbildungen überblicken, welche sich sowohl im Leben der einzelnen Pflanze, als auch an der fertigen Pflanze von unten nach oben betrachtet vorfinden, so sehen wir eine Stufenfolge von Blattbildungen, nämlich:

1. Keimblätter.
2. Niederblätter.
3. Laubblätter.
4. Hochblätter.
5. Blütenblätter.

Wir haben schon gesehen, daß sich an den jungen Keimpflänzchen einige Blätter befinden, die man Keimlappen oder Kotyledonen nennt. Entweder finden sie sich in der

Einzahl (Monokotyledonen) oder in der Zweizahl (Dikotyledonen), selten in noch größerer Zahl (Nadelhölzer). Sie sind entweder dick und fleischig (Bohne) oder dünn, blattartig (Buche). Entweder bleiben sie, wenn der Keimling seine Hülle verläßt und aus der Erde hervortritt, in der Erde zurück (Erbse), oder sie erheben sich auch über dieselbe empor (Bohne). Sie haben gewöhnlich eine vom Laubblatt abweichende Form (z. B. fehlt fast stets der Stiel), können sich ihm aber auch nähern. Ihre Bedeutung ist eine ebenso einfache wie große.

Das zarte Keimpflänzchen ist gleich dem jungen Vogel (Nesthocker) ein gar hilfloses Wesen; es besitzt noch keine grünen Blätter und ist daher nicht imstande, sich selbst zu ernähren. Da giebt ihm nun die Mutterpflanze etwas mit, was ihm in der ersten Zeit als Nahrung dienen kann, bis seine kleinen Laubblättchen hinreichend erstarkt sind, um sich selbständig zu ernähren. Das sind die dicken fleischigen Samenlappen, die in ihrem Zellengewebe reichlich Stärkemehl enthalten, von dem die junge Pflanze zehren kann; daher sind derartige Samen, wie Bohne und Erbse, auch für den Menschen wichtige Nahrungsmittel. Sind die Samenlappen mehr blattartig, so gehen sie aus der Erde hervor, ergrünen und arbeiten nun schon, bis die eigentlichen Laubblätter an ihre Stelle treten (Buche). Bei anderen Pflanzen besteht im Samen ein besonderes Nährgewebe (Sameneiweiß). Die Rolle der Samenlappen ist dann oft eine ganz veränderte, indem sie als Organe dienen, mit denen das Stärkemehl u. s. w. aufgesaugt wird (Gräser und Palmen).

Die Niederblätter sind entweder Blattgebilde, welche an unterirdischen Sproßachsen sitzen (von ihnen wird weiter unten die Rede sein), oder sie leiten oberirdisch einen neuen

Sproß ein, d. h. sie dienen der Knospe als Schutz und haben dann die Form einfacher Schuppen. Nichtsdestoweniger ist ihr grundsätzlicher Zusammenhang mit den gewöhnlichen Laubblättern ein ganz deutlicher, wie man aus der Entwicklungsgeschichte erkennt. Die Blattanlage, das sogenannte Primordialblatt, besteht nämlich aus Blattgrund und Oberblatt; aus jenem entstehen die Blattgrund-(Nebenblatt)Bildungen, aus diesem die Blattspreite und, wenn vorhanden, der Blattstiel. Die Anlage der Niederblätter ist nun der des Laubblattes ganz gleich; die spätere Verschiedenheit beruht nur darauf, daß das Oberblatt sich nicht weiter entwickelt und nur der Blattgrund sich ausbildet, was dann aber auch nicht über die Bildung schuppenartiger Blätter hinausgeht. Die Niederblätter sind daher nichts anderes als in ihrer Entwicklung gehemmte Blätter typischer Art. Daß dies thatsächlich der Fall ist, geht daraus hervor, daß man oft an der Spitze der ausgebildeten Niederblätter kleine reduzierte Blattspreiten findet.

Die Laubblätter sind oben schon gekennzeichnet. Hier sei nur noch hinzugefügt, daß die Ausbildung derselben an der Pflanze von unten nach oben eine verschiedenartige sein kann. Nicht immer haben die ersten Blätter nach den Keimblättern die für jede Pflanzenart kennzeichnende Form, was sich besonders bei Pflanzen mit zusammengesetzten Blättern zeigt. Dieselben sind dann gewöhnlich zuerst einfach und erreichen erst allmählich jene typische Gestalt. Es ist dies der einfachste Fall der sogenannten Heterophyllie (Wechsel der Blattform). Der Fieberbaum (Eucalyptus) trägt in seiner ersten Lebensperiode an vierkantigen Zweigen sich gegenüberstehende ovale Blätter, welche sich senkrecht zu den Sonnenstrahlen stellen; in einer späteren Lebensperiode besitzt er

dagegen rundliche Zweige, an denen sichelförmige Blätter einzeln und senkrecht stehen. — Besonders Wasserpflanzen zeigen Heterophyllie. So besitzt z. B. der Wasserhahnenfuß untergetauchte Blätter, die fein zerteilt sind und Schwimmblätter, die mit ihrer wenig gelappten Blattfläche auf der Oberfläche des Wassers liegen.

Die Laubblätter nehmen oft nach obenhin nach Größe und sonstiger Ausbildung ab und gehen in die Hochblätter über. Es sind dies den Niederblättern ähnliche Blattbildungen, welche gleich diesen in der Entwicklung gehemmt sind. Sie finden sich als kleine, unscheinbare, schuppenförmige Blätter in der Blütenregion (Fig. 29) und ihr Zweck ist dann schwer einzusehen. Oft dagegen zeigen sie auch eine eigenartige Ausbildung, sind groß und bunt gefärbt und unterstützen die Arbeit der Blüte.

Den Gipfel des Sprosses und den Abschluß der Blattbildungen stellt die Blüte dar; dieselbe ist eine Vereinigung von Blattorganen, welche ihrer ganz besonderen Bedeutung halber besonders behandelt werden müssen.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Blattgestalt von unten nach oben eine Aenderung erfährt, was man mit dem Ausdruck Metamorphose bezeichnet hat (Goethe). Das Wort ist hier natürlich in andrem Sinne als bei den Tieren, z. B. den Amphibien oder den Insekten, zu verstehen; denn es ist hier nicht wie dort ein und dasselbe Gebilde, welches eine Umwandlung erfährt.

6. Die Verschiedenheit der Sproßformen.

Der Charakter des Sprosses hängt wesentlich von der Blattgestalt ab. Daher wollen wir die verschiedenen Sproßformen jetzt besprechen, nachdem wir Achse und Anhangsgebilde kennen gelernt haben.

a) Normale Sproßformen.

Der normale Sproß hat einen Geotropismus, welcher dem der Wurzel entgegengesetzt ist, d. h. er wächst nicht senkrecht in die Erde, sondern senkrecht aus ihr heraus. Dieses Streben, welches wiederum den Zweck hat, die Blätter und Blüten dem Licht und der Luft entgegenzutragen, wird unterstützt durch den mechanisch wirksamen Bau der Achse. Allein derselbe ist nicht immer derart, daß er zur Aufrechterhaltung des Sprosses genügt. In diesem Fall muß der Sproß entweder andere Stützen suchen, wie wir das noch erörtern werden, oder er verzichtet auf die senkrechte Erhebung in die Luft. Das kommt natürlich auch wieder auf die Beschaffenheit der Umgebung an; denn wenn die Pflanze in dem dichten Gewirr der Heckenflora oder im Waldgestrüpp auf die senkrechte Stellung verzichten wollte, so wäre dies gleich bedeutend mit Untergang und Tod, weil ihr dann andre Pflanzen Licht und Luft entziehen würden, sodaß für sie nicht genug übrig bliebe. Ist dagegen die Umgebung frei von höher gewachsenen Pflanzen, sodaß Licht und Luft ungehinderten Zutritt haben, so hat die Pflanze gar nicht das Bedürfnis aufrecht zu stehen; daher sehen wir denn auch auf freien Sandplätzen, auf Wegen und an anderen Orten eine Menge kleiner Pflänzchen gedeihen, welche sich dem Boden eng anschmiegen und sich dabei offenbar ganz wohl fühlen. Es ist bemerkenswert, daß dieselbe Pflanzenart ihr Verhalten demgemäß ändern kann, wofür wir unten ein Beispiel kennen lernen werden.

Derartige kriechende Sprosse können aber noch eine besondere Bedeutung erlangen. Es giebt nämlich Pflanzen, welche von ihrem Hauptkörper aus seitlich Sprosse mit langen dünnen Achsen treiben. Dieselben kriechen weit über den Boden hin und unterscheiden sich von dem Hauptsproß zunächst

auch dadurch, daß sie nur kleine, schuppenförmige Blättchen, d. h. also Niederblätter, tragen; allein bald entwickelt sich aus der vorgeschobenen Endknospe eine junge Pflanze mit normalen Blättern, sie treibt Wurzeln und wird endlich selbständig. Man nennt derartige Sproße Ausläufer (Gundelrebe)

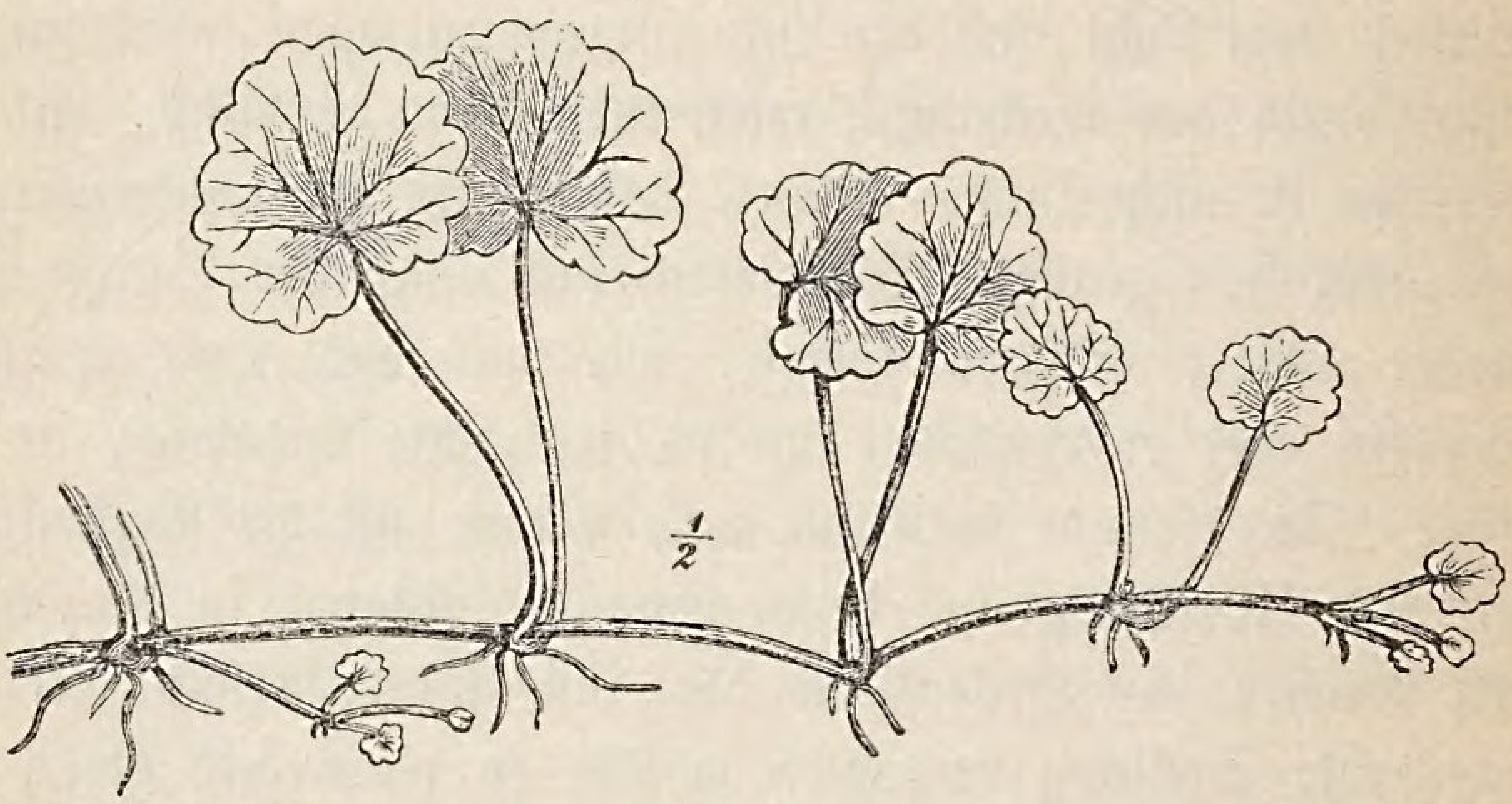


Fig. 19.
Glechoma hederacea, Gundelrebe, Ausläufer, der sich an den Knoten bewurzelt; 1/2.

(Fig. 19), und man sieht ein, daß diese der Vermehrung dienen, weshalb sie zu den „Vermehrungssprossen“ gehören. Es ist dabei aber besonders bemerkenswert, daß die junge Pflanze durch die dünne, lange Sproßachse von der Mutterpflanze weit fortgeschoben wird, so daß sie in ein neues Erdreich kommt, wo sie sich miteinander gegenseitig nicht hindert. Die Pflanze besitzt dergestalt gewissermaßen ein Wanderungsvermögen, das für sie sehr vorteilhaft sein muß. Man beobachtet dieses Verhalten vielfach bei Pflanzen, die ihre Samen nicht recht zur Reife bringen, sowie bei Hecken-, Schutt- und Mauerpflanzen. Letztere suchen durch Vorstrecken der Ausläufer für ihre Tochterpflanzen über die Steine hin in dem zwischen denselben angehäuften Erdreich geeigneten Platz zur Weiterentwicklung. Als Beispiele für derartige Pflanzen seien ge-

nannt: kriechendes Fingerkraut und Habichtskraut, Erdbeere, auch kriechender Günsel u. a. m. Aehnliche, aber unterirdisch fortwandernde Vermehrungssprosse besitzen ebenfalls viele Pflanzen, z. B. Gräser, Riedgräser und Schachtelhalme.

Eine besonders wichtige Sproßform ist der Wurzelstock oder das Rhizom (Maiglöckchen). Man versteht darunter einen Sproß, der ebenfalls seinen Geotropismus eingebüßt hat, überhaupt nicht mehr Licht und Luft aufsucht, sondern wagerecht unter der Erde hinkriecht. Der Wurzelstock gehört zu den Ueberwinterungsorganen derjenigen Pflanzen, welche ihre oberirdischen Teile im Herbst abwerfen. Er ist grau, weiß oder braun und besitzt bleich gefärbte Niederblätter. Will er im Frühjahr die Pflanze erneuern, so muß er selbstredend auch Knospen besitzen, da von diesen die Vermehrung stets ausgeht, und da der junge, aus der Knospe sich entwickelnde Sproß zunächst zur eignen selbständigen Ernährung nicht befähigt ist, so muß das Rhizom auch Reservestoffe enthalten, durch welche es die jungen Triebe ernährt. Indem das Rhizom an seinem Ende weiterwächst und hier neue Triebe bildet, bringt es diese, ebenso wie der Ausläufer seine Knospe, in immer neue Gebiete des mütterlichen Erdbodens, so daß die Pflanze auch stets eine genügende Menge von Nährsalzen vorfindet.

b. Metamorphosierte Sproßformen.

Bei vielen Sprossen ist eine derartige Veränderung in Bau und Zweck eingetreten, daß wir sie zu den metamorphosierten rechnen müssen.

Zu den Ueberwinterungsorganen der Stauden gehören noch zwei andere Sproßformen, nämlich Knolle und Zwiebel. Beide müssen drei bestimmte Eigenschaften haben: sie müssen

so gebaut sein, daß sie die Frostzeit überdauern können, sie müssen ferner Knospen zur Erneuerung der Pflanze besitzen und endlich Reservestoffe zu deren Ernährung. Was den ersten Punkt anbelangt, so sind diese Organe allerdings manchmal gerade recht empfindlich gegen Frost; dafür liegen sie ja aber in der Erde und werden durch diese und den darüber gelagerten wohlthätigen Schnee geschützt. Die Reservestoffe bestehen vor allem in Stärkemehl, das sich in einem ausgedehnten parenchymatischen Zellgewebe vorfindet, welches auf Kosten des Stranggewebes entstanden ist. Auch an Wasser sind diese Organe reich.

Sind die beiden Sproßformen Zwiebel und Knolle demnach biologisch ganz gleichwertig, so liegt ihre Verschiedenheit in der morphologischen Ausbildung. Bei der Knolle ist nämlich die Achse sehr stark ausgebildet, während die Blätter reduziert sind, und bei der Zwiebel ist umgekehrt die Achse reduziert, während die Blätter stark ausgebildet sind. Als typische, allbekannte Knolle sei die der Kartoffel angeführt. Sie stellt unregelmäßige rundliche Massen dar, welche aus einem weißen Fleisch, dem stärke- und wasserhaltigen Parenchymgewebe, und einer braunen Rinde bestehen. Die Kartoffelknolle zeigt kleine grubige Vertiefungen, über denselben kleine Schuppen und in ihnen kleine Knospen, die man Augen nennt. Die Schuppen sind die Blätter; sie, sowie die Knospen sind ein Beweis für die Sproßnatur der Knolle. — Als Beispiel einer Zwiebel gedenken wir der Küchenzwiebel. Dieselbe besteht aus einer verbreiterten, aber sehr gekürzten Achse, dem sogenannten Zwiebelkuchen, an dem sich die Blätter in großer Zahl und nach innen zu stark verdickt finden. Die äußeren sind mehr haut- und schalenförmig und man hat sie geradeso wie die Schuppen der Knolle als Niederblätter zu betrachten.

Eine Erscheinung, welche auf eine ganz besondere Art der Sproßmetamorphose führt, ist die sogenannte Sukkulenz. Wenn Pflanzen in Gegenden leben, welche fortwährend oder zeitweilig sehr trocken sind, so müssen sie Vorrichtungen besitzen, welche sie vor dem Vertrocknen schützen. Die Gefahr des Vertrocknens liegt nun nicht nur im Mangel an Wasser, sondern auch in einer zu starken Wasserabgabe. Gegen den Mangel an Wasser schützt sich die Pflanze durch Herrichtung von Wasserspeichern, welche aus einem bedeutenden, großzelligen Parenchymgewebe (Wassergewebe) bestehen. Es hat dies nämlich eine starke Verdickung der betreffenden Organe zur Folge und das ist es, was man mit Sukkulenz bezeichnet. Die Organe der Wasserabgabe sind die Blätter. Wollen sich die Pflanzen vor dem Vertrocknen schützen, so müssen sie also ihre Blattbildung reduzieren, d. h. die Oberfläche ihrer Blätter verkleinern oder wenigstens ihre Blätter mit wenig Spaltöffnungen versehen. Es giebt auch viele Pflanzen, welche ihre Blätter reduzieren, ohne für Wasserspeicher zu sorgen, so z. B. der Spargel, bei dem die Blätter kleine Schuppen sind, während die nadelartigen Organe Zweiglein darstellen (Fig. 20).



Fig. 20. Asparagus officinalis, Spargel. Zweigstück. b Blätter (schuppig), z Zweige in den Blattachseln; natürliche Größe.

Die Wasserspeicher sind entweder Achsenteile oder Blätter. Darnach erhalten diese sukkulenten (verdickten) Sprosse ein ganz verschiedenes Aussehen; entweder ist die Achse stark verdickt, dann sind die Blätter verkümmert, was schließlich zum

völligen Verschwinden führen kann; oder die Blätter sind stark verdickt, dann ist die Achse gewöhnlich verkümmert.

Zu dem ersten Typus von Sukkulenz gehören die sonderbaren Gesellen der amerikanischen Wüsten- und Steppenflora aus der Familie der Kakteen (Fig. 21); sie finden sowohl wegen ihrer eigenartigen Gestalt, als auch wegen ihrer prächtigen Blüten heute so manchen Liebhaber.

Die Ausbildung der Sproßachse bei den Kakteen ist eine außerordentlich mannigfaltige: hier stellen sie hohe Säulen und Kandelaber dar, dort dicke tonnenartige Gebilde, hier platte, kugelige, dort mit vielen Warzen übersäte Massen. Dabei sind sie sehr oft mit Stacheln wie umhüllt, die oft eine beträchtliche Größe erreichen und dem Beschauer als ansehnliche Wehr entgegen starren. Das sind sie auch thatsächlich und die Pflanze hat sie sehr nötig; denn da sie in Wüsten und Steppen wächst und in ihrem Gewebe eine reiche Quelle von Wasser birgt, so wäre sie oft den Angriffen durstiger Tiere aus ihrer Umgebung ausgesetzt, wenn diese nicht die Stacheln scheuten. Bemerkt sei noch, daß diese verdickten Sproßachsen fast immer grün sind und daher in beschränktem

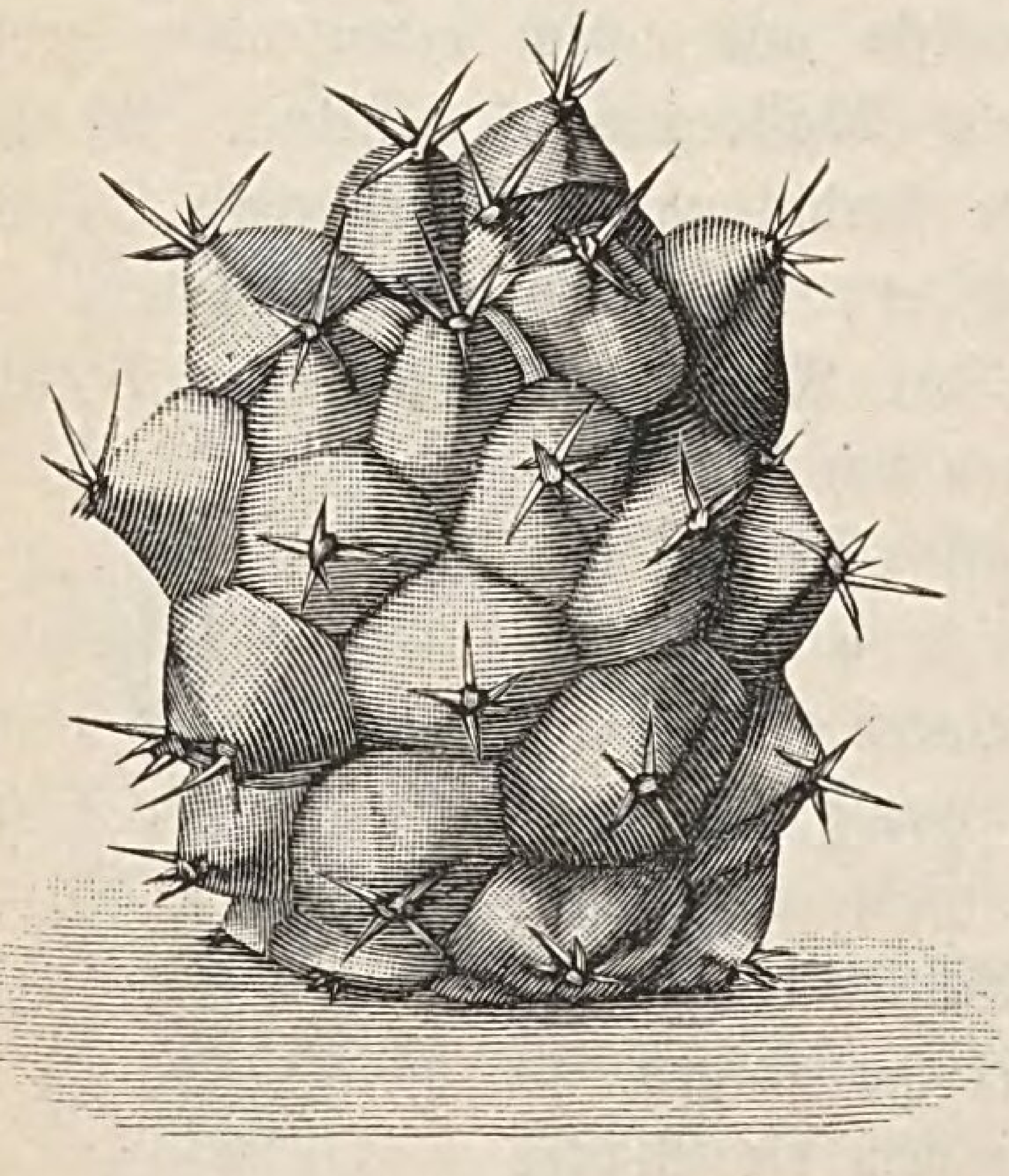


Fig. 21.
Mammilaria centricirrha, Kakteensproß mit verdickter Achse und reduzierten Blättern; natürliche Größe.

Maße die Ernährungsthätigkeit der geschwundenen Blätter übernehmen.

Dies führt uns auf eine weitere Form der Sproßmetamorphose. Sind die Blätter reduziert, so kann die Pflanze damit oft des Guten doch zu viel gethan haben, indem sie sich nun nicht genügend ernähren kann. Es wird ihr dann auf die sonderbare Weise geholfen, daß die Sproßachse selbst nicht nur Thätigkeit, sondern auch Form des Blattes annimmt. So finden wir bei manchen Kakteen z. B. dem Feigenkaktus auseinander hervorwachsende blattartige Sproße, welche man also nicht etwa als Blätter anzusehen hat, wie gewöhnlich geschieht.

Man nennt derartige blattartige Sprosse Kladodien. Pflanzen mit solchen finden sich auch in unseren Breiten auf sandigen, trockenen Standorten. So giebt es z. B. Ginsterarten, bei denen die Blätter zurückgehen und der Stengel eine blattartige Verbreiterung erfährt. Dahin gehört auch die kleine Wasserlinse, die weite Flächen unserer stehenden Gewässer mit ihrem hoffnungsvollen Grün bedeckt. Ihr ganzer Sproß besteht aus einem blattähnlichen Gebilde und wird auch gewöhnlich als Blatt angesehen, ist es aber durchaus nicht; es sind vielmehr einzelne oder auseinander vorsproßende Kladodien.

Bei der zweiten Form der Sukkulenz sind die Blätter stärker ausgebildet und zu Wasserspeichern geworden. Wir haben bei uns auch einige wenige Formen dieser Art aus der Familie der Krassulaceen oder Dickblätter: die Fettehenne, den Mauerpfeffer und Hauslauch. Hierbei ist gewöhnlich die Sproßachse nicht verkürzt wie bei den Agaven Amerikas, welche in der wehrhaften Ausbildung von Spitze und Rand des Blattes für dieses einen guten Schutz besitzen.

Dem Schutz der Pflanze dienen oft ganz besonders metamorphosierte Sprosse, die sogenannten Dornen. An diesen ist die Blattbildung ebenfalls unterdrückt, so daß man höchstens noch ganz kleine Blättchen an ihnen sieht, die Sproßspitze stellt ihr Wachstum bald ein und das Gewebe des ganzen Gebildes verhärtet sich durch Verholzung; so ist es z. B. bei unserm Weißdorn (Fig. 22) und bei der Schlehe. Allein nicht immer sind die Dornen eines derartigen Ursprungs. Bei der Traganthpflanze sind es die Stiele abfallender Blätter, die sich zu Dornen entwickeln, und vielfach sind es sogar ganze Blätter oder Nebenblätter, welche in Dornen umgewandelt werden (Berberitze).



Fig. 22. Crataegus oxyacantha, Weißdorn, Dorn aus einem Zweig entstanden; natürliche Größe.

Die als Stacheln zu bezeichnenden Schutzorgane der Pflanze sind hingegen keine Sprosse, sondern Anhangsgebilde, die sowohl an der Achse, als auch am Blatt sitzen können und, ohne Zusammenhang mit den inneren Geweben, der Oberhaut als ihr angehörige Bildungen nur aufsitzen, sich von ihr daher auch gewöhnlich leicht ablösen lassen. Die Schutzorgane der Rose sind nach dem Gesagten botanisch nicht, wie das Sprichwort sagt, Dornen, sondern Stacheln.

Endlich müssen wir noch einer Gruppe metamorphosierter Sprosse gedenken, das sind die Klettersprosse. Wir haben schon gesehen, daß die Sproßachsen nicht immer fähig sind, sich selbständig aufrecht zu halten. Wenn derartige Pflanzen, sagten wir, auf freien Standorten wachsen, so legen sie sich einfach der Unterlage an und haben dann doch Licht und Luft

genug. Etwas anderes ist es dagegen, wenn sie in dem dichten Gewirr der Hecke, des Waldes, ja des Feldes leben; denn dann entspinnt sich ganz naturgemäß ein Kampf um Licht und Luft. Man kann dieses verschiedene Verhalten einer und derselben Pflanzen z. B. sehr gut in und an einem jeden Kornfeld beobachten. Zur Flora desselben gehört als ein fast ständiger Gast die Ackerwinde, ein kleines, schwachgebautes Pflänzchen. Auf dem Weg und am Rande des Kornfeldes findet es Licht, Luft und Platz genug; daher liegen seine Sprosse hier der Erde einfach an, auf ihr hinkriechend. Beobachten wir dagegen die zwischen dem Korn wachsenden Exemplare, so sehen wir, daß dieselben hier die benachbarten Halme als Stütze benutzen, um sich dem Licht entgegen zu schwingen.

Die Stütze, welche sich die Kletterpflanzen suchen, kann eine tote oder lebendige sein; sie benutzen aufrecht stehende Pfähle, Stengel benachbarter Pflanzen, Baumstämme, Mauern und Felswände und was der freundliche Mensch ihnen hinsetzt. Das Verhältnis zwischen den als Stütze dienenden Pflanzen und den Kletterpflanzen ist dann fast immer ein ganz harmloses, wie wohl es oft nicht ausgeschlossen ist, daß die große Masse des Mieters sozusagen den Wirt erwürgt.

Die Organe, mit denen die Pflanze klettert, können sehr mannigfach sein. Oft ist es die Achse selbst, welche die Fähigkeit hat, sich um eine Stütze zu schlingen. Die fortwachsende Spitze derartiger „Schlingpflanzen“ hat das Bestreben, sich schraubenartig zu krümmen; sie sucht dabei gewissermaßen eine Stütze und legt sich, falls sie eine solche gefunden hat, um sie herum, und zwar ganz gesetzmäßig, entweder (meistens) nach links oder nach rechts. Findet sich

keine Stütze, so macht die Spitze oft freie Windungen; auf die Dauer wird sie aber dabei in ihrer kräftigen Entwicklung gehemmt, da sie eben unbedingt der Stütze bedarf. Die Bohne windet links, der Hopfen rechts.

In anderen Fällen besitzt die Sproßachse Luftwurzeln, mit welchen sie sich an der mehr oder weniger rauhen Unterlage anheftet (z. B. Ephen an Baumstämmen, Mauern und Felswänden). Auch sind es manchmal Haare, Haken und Stacheln der Oberhaut, deren sich die schwachen Sproßachsen bedienen, um sich an anderen Pflanzen festzuhalten (kletterndes Labkraut, Glaskraut Fig. 23).

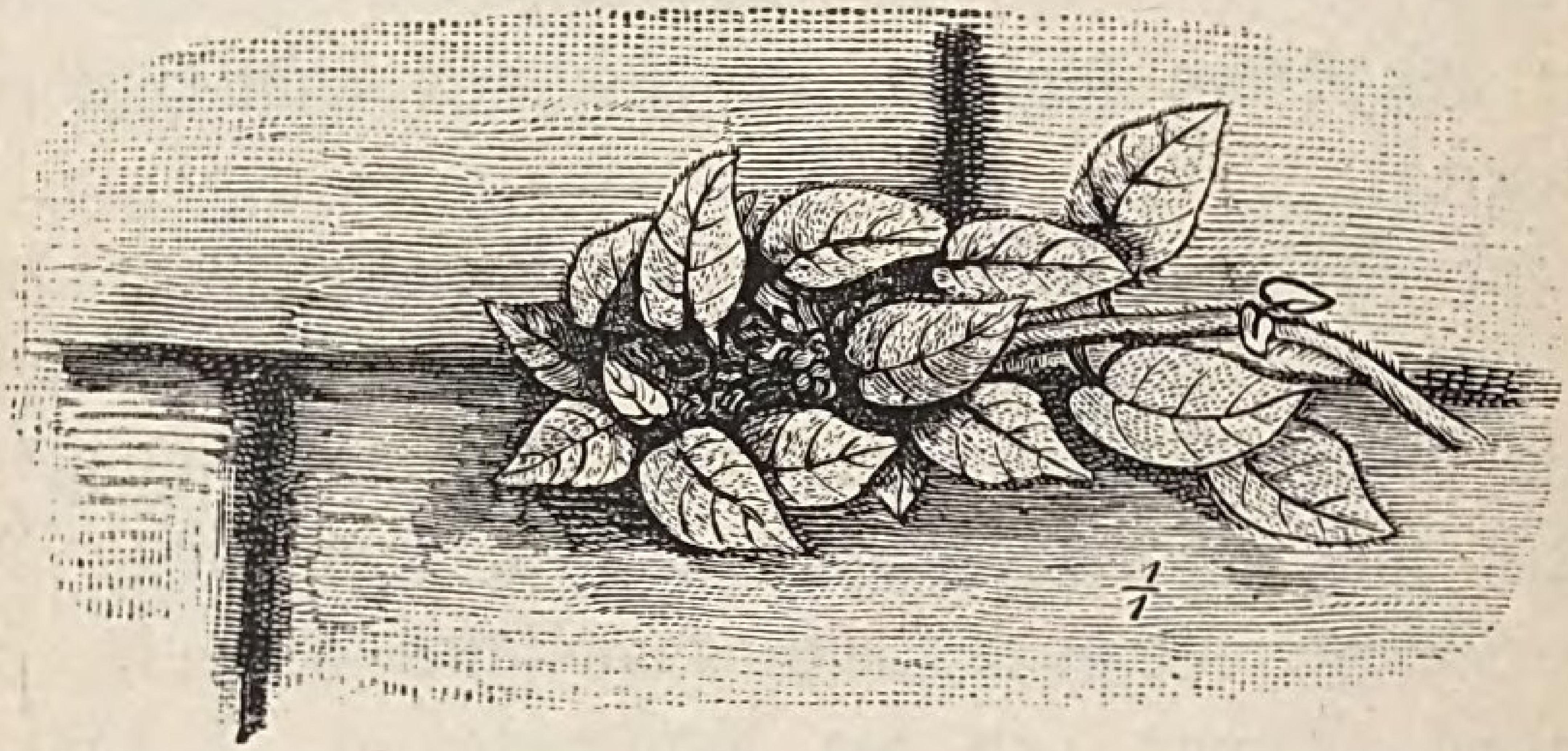


Fig. 23.
Parietaria diffusa, Glaskraut. Stück eines Zweiges, der sich mit Haaren am Mauerwerk festhält.

Weniger einfach ist es hingegen, wenn der Sproß oder seine Teile zu besonderen Organen metamorphosiert ist, wie bei den sogenannten Rankenpflanzen. Im gewöhnlichen Leben nennt man fälschlich oft die Ausläufer, z. B. der Erdbeere, Ranken. In der Botanik versteht man unter Ranken dünne, fadenförmige Organe, welche gleich dem windenden Stengel die Fähigkeit haben, sich um eine Stütze herum zu legen. Zuweilen sind es ganze Seitensprosse, welche sich zu dünnen Ranken ausbilden, die oft gleichfalls verzweigt sind

(Wein, Kürbispflanzen z. B. Zaunrübe Fig. 24). Die Enden sind dann entweder windend oder zu Saugwarzen umgebildet. In anderen Fällen übernimmt der Blattstiel die Aufgabe, den Sproß an einer Stütze anzuheften (Kapuzinerkresse), oder es kann auch das Blatt oder ein Teil von ihm (z. B. das Nebenblatt) zu einer Ranke umgebildet sein. Das findet sich besonders bei zusammengesetzten Blättern; es teilt sich dann die Arbeit derart, daß einige Teilblättchen die Ernährung besorgen, andere dagegen, nämlich die äußersten am Blatt, die Befestigung der Pflanze übernehmen (Erbse).

Die Blätter können ferner die Arbeit der Wurzeln leisten, wie es bei manchen Wasserpflanzen vorkommt, welche keine echte Wurzel besitzen. So findet z. B. bei dem Wasserfarn Salvinia (zu den Wurzelfrüchtlern gehörig) eine bemerkenswerte Arbeitsteilung statt, indem ein Teil der Blätter *Ernährungs-* und die anderen *Schwimmorgane* werden. Die Schwimmorgane entstehen, indem die Blätter, was auch sonst zuweilen vorkommt, ein Gewebe ausbilden, das Luftkammern enthält und deshalb spezifisch leichter als Wasser ist; der andere Teil der Blätter ist zu fein zerschlitzten, im Wasser untergetauchten Wurzelorganen geworden.

Ein ganz besonders anziehendes Gebiet der Blattmetamorphose bilden die sog. „*insektenfressenden Pflanzen*“, bei welchen die Blätter zu *Fangapparaten* umgebildet sind. Das einfachste Beispiel bietet der auch bei uns einheimische, auf Moor- und Sumpfboden wachsende *Sonnentau* (*Drosera*). Er hat gestielte, rundliche Blätter, welche mit langknopfigen Drüsenhaaren besetzt sind, die am Ende eine klebrige Absonderung tragen (Fig. 25a). Wenn ein lebender Körper, z. B. ein kleines Insekt, auf das Blatt gelangt, so beginnt eine stärkere Ausscheidung der Drüsenflüssigkeit;

gleichzeitig legen sich die Haare über das Insekt hin, halten es fest und ersticken es, indem die klebrige Flüssigkeit die Aus-

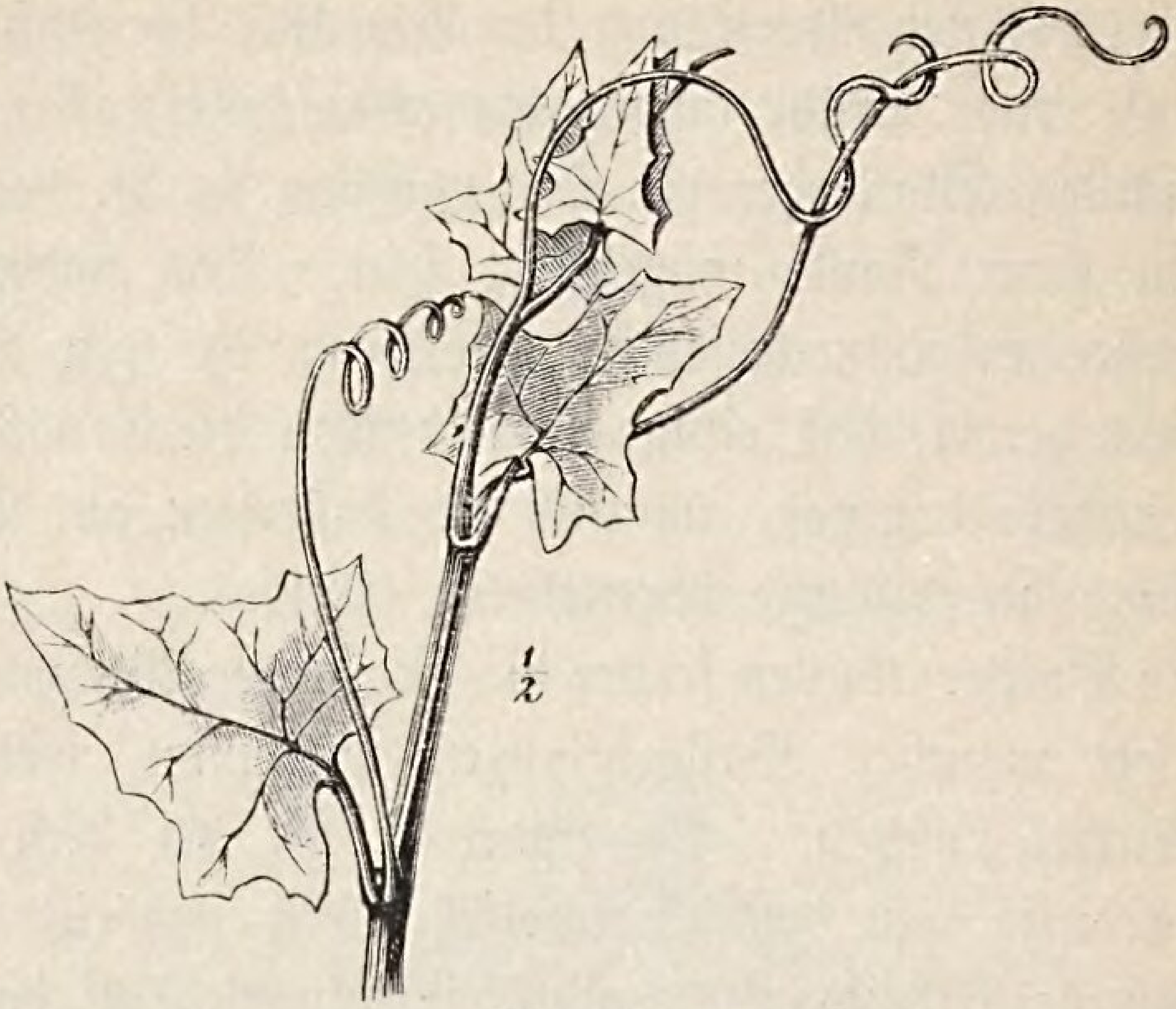


Fig. 24.
Bryonia dioica, Zaunrübe. Sproß mit Ranken, 1/2.

gänge der Tracheeen verstopft. Es ist bemerkenswert, daß unorganische Körperchen, wie Sand und dergleichen, wohl eine Steigerung der Drüsenabsonderung, jedoch keine Bewegung der Haare bewirken. Das gemordete Tier wird nun von dem Pflanzenblatt geradezu verdaut, alles Brauchbare wird aufgelöst, und es bleibt nichts übrig als die unverdaulichen Teile des Chitinpanzers, die schließlich abfallen. Uebrigens ist hier wie auch bei den anderen insektenfressenden Pflanzen die Tierverdauung nur ein die normale Ernährung unterstützender Vorgang, da diese auch daneben stattfindet.

Bei dem auf sandigen Standorten mancher Mittelmeergegenden (Marokko, Portugal) lebenden Taublatt (Drosophyllum) ist das fadenförmige lineale Blatt ringsum mit klebrigen Drüsenhaaren besetzt, an welchen kleine Insekten

hängen bleiben, wie an den als Fliegenfallen aufgestellten Leimruten. — Die Venusfliegenfalle (Dionaea) (Fig. 25 b) Nordamerikas besitzt umgewandelte Blattstiele, welche an Stelle des Blattes die regelrechte Ernährung besorgen, und eine in der Mittellinie zusammenklappbare Spreite, die am Rande Wimpern und auf der Fläche rote Drüsenhaare trägt. Bei Berührung klappt die Spreite zusammen, die Wimpern schließen sich und das berührende Tierchen ist dem Tode geweiht.

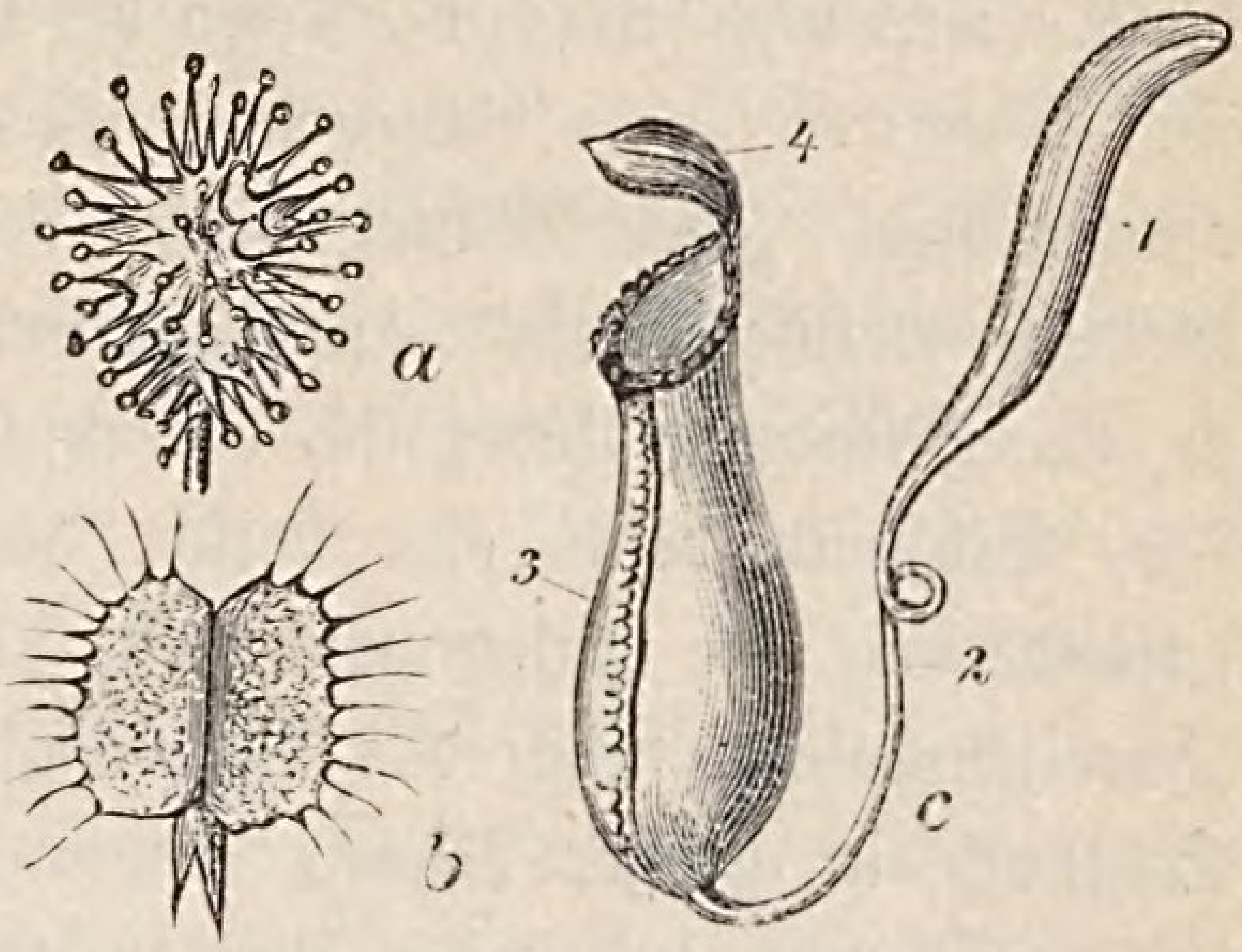


Fig. 25.
Blätter von insektenfressenden Pflanzen. a Drosera, natürliche Gröste; b Dionaea, verkleinert; c Nepenthes; 1 spreitenartiger Blattstiel, 2 Ranke, 3 Kanne, 4 Deckel; verkleinert.

Eine zweite Gruppe von Tierfängern besitzt Blätter mit Höhlungen, in denen sich die Tiere fangen. Bei dem wurzellosen Wasserschlauch (Utricularia), der auch in unseren Gewässern vorkommt, sind die Blätter retortenartig aufgeblasen; an dem Eingang in die Höhlung befindet sich eine elastische Klappe, die wie ein Ventil nur einem von außen kommenden Druck nachgiebt; diese Oeffnung ist ferner von Borsten umgeben, sodaß das Ganze an jene kleinen Krebse, Daphnien, erinnert, welche in unseren Tümpeln und Teichen hausen. Auf der Innenwand des Gebildes finden sich Saugzellen. Wenn kleine Tiere in das Fangblatt eingedrungen sind, so kommen sie lebend nicht aus dem Gefängnis heraus, sie ersticken oder verhungern und ihre Reste werden, wenn sie

verwesen, aufgesogen, was aber übrigens keineswegs mit voller Bestimmtheit nachgewiesen ist.

Eine besondere Berücksichtigung und Teilnahme verdienen die Kannenpflanzen, Arten der Gattungen Sarracenia und Nepenthes. Sarracenia ist eine Sumpfpflanze Nordostamerikas. Ihre Blätter bilden sonderbare schlauchförmige Gebilde, welche der Erde aufliegen und bogig nach oben steigen; an der Mündung findet sich ein muschelförmiger Spreitenteil. Der Schlauch besitzt eine Leiste, die Spreite zeigt Honigababsonderung, die Innenwand des Schlauches ist glatt. Die Spreitenmuschel fängt das Regenwasser auf, das sich in dem Schlauch in großer Menge ansammelt. Kleine Gliedertiere lassen sich nun in großer Zahl verlocken, auf jener Leiste zu den Honigdrüsen emporzusteigen; dort angelangt fallen sie aber hinunter und sind unrettbar verloren; denn an dem nach oben verengten Schlauch kommen sie nicht wieder herauf und in dem Wasser werden sie bald ertrinken und verwesen; vielleicht scheidet der Schlauch auch eine Flüssigkeit ab, welche dies beschleunigt. Die Menge der in einem solchen Schlauch gefangenen Tiere soll oft eine sehr große sein. — Die Mordgier ist bei einigen Arten mit fast verwerflich zu nennender List verbunden: so sondern einige auch an der Schlauchleiste Honig ab, andre besitzen an der Spreite bunte Farben außer den Honigdrüsen und locken so mit allen zu Gebote stehenden Mitteln die unglücklichen Tiere in ein unrettbares Verderben.

Die Fangwerkzeuge der Nepenthes (Fig. 25 c) sind denen von Sarracenia ähnlich. Diese Pflanzen der tropischen Sumpfvegetation im Urwald klettern oft lianenartig an Bäumen empor. Ihr Blatt zeigt eine lehrreiche Arbeitsteilung; denn es ist Ernährungs-, Kletter- und Fangorgan zu gleicher Zeit: der untere Teil (Blattstiel) ist spreitenartig, dann folgt eine

Ranke (zweiter Teil des Blattstiels), ferner eine Kanne (die manche auch noch für einen Teil des Blattstiels halten) und endlich ein blattartiger Deckel (die Spreite). Auf der Kanne finden sich trügerische Wegweiser und auch hier locken bunte Farben die vertrauensseligen Tierlein heran, die zwar noch am Rand der Mördergrube mit süßem Honigseim abgespeist werden, nach dieser Henkersmahlzeit aber gemeiniglich an dem glatten Rand ausgleiten und dann als verlorene Leute in die Tiefe hinabstürzen.

c) Reduzierte Sproßformen.

Bei den reduzierten Organen handelt es sich besonders um Schmarotzer. Das Gebiet derselben gehört zu den wenigen, auf denen man von einer durch die veränderte Lebensweise verursachten feststehenden Abänderung weitgehender Art sprechen kann. Zu verwundern ist das nicht; denn thatsächlich bedeutet doch der Eintritt in die parasitäre Lebensweise geradezu einen Umkehr der Pflanzennatur. Die Pflanze unterscheidet sich gerade dadurch vom Tier, daß sie sich selbständig durch die ihr von der unorganischen Natur dargebotenen Stoffe ernährt; wenn sie nun diese Art der Ernährungsweise verläßt, so muß sich damit ganz offenbar eine bedeutsame Organisationsverschiebung verbinden.

Die parasitäre Lebensweise zeigt die verschiedensten Stufen. Es giebt Parasiten, bei denen die altherkömmliche Mode der Pflanzen-Ernährung noch zum guten Teil beibehalten ist, die aber doch schon zum Schmarotzertum hinneigen und dann kaum eine Verkümmerung (Reduktion) der Achsen- und Blattorgane zeigen. Da derartige Parasiten ihren Wirten fast nur Wasser und etwa noch Salze entziehen, so betrifft die Reduktion nur die Wurzel. So ist es bei der oben besprochenen Mistel, so ist

es bei noch anderen Pflanzen unserer Flora (z. B. Hahnenkamm), denen man das Schmarotzerwesen nicht ansieht.

Zu einer zweiten Gruppe gehört die Flachsseide (Cuscuta), eine Pflanze, welche andere Pflanzen (Flachs, Hanf, Brennnesseln, Klee, daher auch Kleewürger oder Teufelszwirn genannt, u. s. w.) umwindet und keine Erdwurzeln besitzt. Dagegen saugt sie sich mit Luftwurzeln, die zu Saugorganen umgewandelt sind, an der Wirtpflanze fest und entwendet ihr nützliche Säfte; vor allem aber schadet sie derselben dadurch, daß sie, besonders wenn sie in großen Mengen vorkommt, dieselbe erstickt.

Bei der Flachsseide ist die Blattreduktion schon gründlich eingetreten; die Blätter sind nur noch kleine Schuppen, und die ganze Pflanze ist rötlich-gelb, nicht grün gefärbt. Noch mehr tritt das bei manchen Knabenkrautarten, ferner bei dem Fichtenspargel und der Orobanche ein, welche durch den Mangel des Blattgrüns und die dadurch erzeugte bleiche Beschaffenheit der pflanzlichen Ernährungsweise gänzlich den Rücken zugewandt und das Schmarotzerleben angenommen haben. Diese Wesen sind nun übrigens nicht immer Mord- und Raubgesellen, sondern viele von ihnen leben von dem Moder und Humus des Waldbodens, andere dagegen suchen mit ihren Wurzeln diejenigen anderer Pflanzen auf und saugen ihnen die Lebenssäfte aus.

Bei vielen Schmarotzern der Tropen ist der Körper eine mehr oder weniger unförmliche Masse, welche höchstens kleine Schuppen als Blätter und eine unregelmäßige Masse als Wurzel trägt, die auf oder in dem Körper des Wirts sitzt und im übrigen fast nichts ist als eine große Blüte. Es ist sonderbar, daß diese Parasiten in ihren Blüten durchaus nicht reduziert sind; einige von ihnen haben sogar die größten

Blüten, die es giebt, z. B. Rafflesia Arnoldi, deren Blüten im Knospenzustand großen Kohlköpfen gleichen, geöffnet einen Durchmesser von 1 m erreichen, aber einen höchst unangenehmen Leichengeruch verbreiten. Entdeckt wurde diese Wunderblume im Jahre 1818 auf Sumatra; sie auch anderswo nachzuweisen, ist noch nicht gelungen.

d) Rudimentäre Sproßformen.

Die Sproßformen, die wir bisher betrachteten, sind diejenigen der höchsten Pflanzen, die man als Samenpflanzen bezeichnet. Unter den anderen, den sogenannten Sporenpflanzen (Kryptogamen), findet sich eine ganze Reihe von Sproßformen in aufsteigender Stufenleiter.

Wir können es immerhin noch als einen Sproß einfachster Form bezeichnen, wenn der ganze Pflanzenkörper von einer einfachen Zelle gebildet wird, wie bei manchen Algen und Pilzen. Hier ist eine Arbeitsteilung überhaupt noch nicht eingetreten; die Zelle ist ein und alles. Allein schon auf der Stufe des Einzellenlebens, wie man es nennen könnte, kann die Zelle doch schon ein bedeutsames Wachstum und eine verschiedene Ausbildung ihrer Enden erfahren: das untere Ende heftet sie der Unterlage an, ist also vom biologischen Gesichtspunkte aus als Wurzel zu betrachten; das obere ist grün und wächst nach oben, entspricht also dem oberirdischen Sproß höherer Pflanzen. Dieser Fall findet sich wiederum bei Algen sowohl, als auch bei Pilzen, z. B. manchen Schimmelpilzen.

Die nächste Stufe der Sproßentwicklung, der Lagersproß, ist dann der vielzellige Körper, der wieder dieselben eben erörterten Unterstufen zeigen kann: einfache Körper ohne Arbeitsteilung und zusammengesetztere mit mehr oder weniger

weitgehender Arbeitsteilung. Hierbei zeigt der Sproß, abgesehen von dem Geschlechtsapparat, der schon von dieser Stufe an eine bedeutende Rolle spielt, nur einen geringen Fortschritt in der Ausgestaltung, der sich vor allem in der Ausgliederung der Anhangsgebilde, d. h. der Blätter, offenbart. Diese finden sich erst bei den höchsten Algen, den Characeen; den Pilzen fehlen sie als Schmarotzern selbstverständlich.

Die folgende Stufe könnte man den Moossproß nennen. Sie ist gekennzeichnet durch die Gliederung des Sprosses in Achse und Blatt. Allein zunächst neigt der Sproß dabei doch noch dazu, die Blattbildung zurückzuhalten, wie es bei den Lebermoosen oft der Fall ist. Da aber die Pflanze schon ein ausgeprägtes Bedürfnis nach pflanzlicher Ernährungsweise besitzt, so bildet sich die Achse dabei bezeichnender Weise zu einem Flachsproß, einer Cladodie, aus, an welcher die Blättchen als Schuppen auf der Unterseite sitzen. Bei den höheren Moosen zieht sich die Achse mehr stengelartig zusammen und zeigt nun Blättchen einfachster Art. Diesen kleinen Pflanzen fehlen die Gefäßbündel, womit der Mangel echter Wurzeln zusammenhängt, die hier durch Wurzelhaare vertreten werden.

Bei der nächsten Stufe, dem Farnsproß, erfahren Achse und Blatt eine bedeutende Weiterentwicklung sowohl in anatomischer als auch in morphologischer Hinsicht. Daher treffen wir denn hier auch schon auf Formen, die verschiedenen biologischen Zwecken dienen.

Noch weiter geht dann endlich die Sproßform der Samenpflanzen, auf deren Mannigfaltigkeit wir ja schon genügend eingegangen sind.

7. Haarbildungen.

Nur kurz wollen wir noch jener Gebilde gedenken, welche anatomisch eine einfache Ausgliederung der Oberhaut darstellen und die man als Haarbildungen zusammenfassen kann.

Sie können an allen Organen der Pflanze auftreten. An den Wurzeln sind sie nur in einer Art vorhanden, nämlich als Wurzelhaare, welche an den fortwachsenden Wurzelspitzen als einzellige Schläuche entstehen und aus der Erde das Wasser aufsaugen.

Die Haarbildungen der Sproßachse und der Blätter dagegen sind gar mannigfach: hier sind es einfache Warzen, dort kurze oder lange Fäden; hier sind sie am Ende keulig verdickt, dort verzweigt und sternförmig; hier bilden sie einen rauhen Ueberzug der Blätter, dort einen dichten Wollfilz, der die Pflanze gegen Verdunstung und Wärmestrahlung schützt; hier sind es Spreuschuppen (Farne) dort Leimzotten welche die Knospenhülle der Bäume durch ihre Gummiabsonderung vor Tieren und Feuchtigkeit schützen (Roßkastanie); hier sind es Drüsenhaare, dort Brennhaare; hier Fanghaare, dort solche, welche der Verdauung insektenfressender Pflanzen dienen.

Zu den Haarbildungen, insofern es Gebilde der Oberhaut sind, in welche die inneren Gewebe, so vor allen die Gefäßbündel, nicht eintreten, gehören auch die Stacheln. Sie lassen sich dementsprechend leicht von dem Organ trennen, auf welchem sie sitzen, und dadurch leicht von den Dornen unterscheiden, was allerdings nicht für alle so vollständig zutrifft. Sie dienen, wie leicht erklärbar, dem Schutz der Pflanze gegen lebende Feinde.

5. Der Blütensproß.

Alle von uns betrachteten Sprosse dienen vor allem der Ernährung, und dann noch dem Nebenzweck des Schutzes, des Festhaltens, des Tierfangs: also der Erhaltung des Individuums. Dieser selbstsüchtige Zweck ist aber nicht der einzige, der das Reich der Lebewesen beherrscht. Vielmehr finden wir als zweiten Zweck, der dem pflanzlichen Individuum an sich ganz gleichgiltig sein muß, die Erhaltung der Art, die Bildung einer neuen Generation, die nach dem eigenen Untergang den Schauplatz des Lebens betreten soll: also die Fortpflanzung.

Der Pflanzenkörper bildet zu diesem Zweck ganz bestimmte Sprosse aus, die man Blüten nennt.

Der Blütensproß bildet entweder den Gipfel-Abschluß des vegetativen Sprosses und seiner Nebensprosse, oder er bildet eigene, in den Blattwinkeln aus besonderen, früh zu erkennenden Knospen entstandene Sprosse. Die Zahl der Blüten ist eine ganz verschiedene; es giebt Pflanzen, die sich mit einer einzigen Blüte begnügen, andere die mehr haben, andere die eine sehr große Menge hervorbringen, wobei die Zahl im umgekehrten Verhältnis zur Größe steht. Sehr oft dient ein ganzes Sproßsystem mit vielen Achsengenerationen dem Zweck der Fortpflanzung; man spricht dann von einem Blütenstand. Derselbe soll den vorhandenen Raum für die Blüten vergrößern, und zeigt eben daher eine oft bedeutende Verzweigung der Achsen. Wir haben die Hauptblütenstände schon oben erwähnt. Die in ihnen auftretenden Stützblätter der Achsen zeigen eine Verkleinerung und Vereinfachung der Laubblätter. Es sind die oben schon erörterten Hochblätter (Fig. 29).

a. Bau der Blüte im Allgemeinen.

Der Blütensproß oder die Blüte zeigt eine Stufenfolge von verschiedenartig metamorphosierten Blättern, von denen man die äußeren als Blütenhülle, die innern als die eigentlichen Fortpflanzungsorgane zu betrachten hat (s. für das folgende die Fig. 27—30). Die Blütenhülle wird aus zwei Blattkreisen, Kelchblättern und Blumenblättern gebildet und auch die Fortpflanzungs- oder Geschlechtsblätter sind zweierlei Art, nämlich Staubgefäße (männlich) und Stempel (weiblich). Nur bei den Blütenhüllblättern ist die Blattnatur klar erkenntlich, bei den anderen Blättern der Blüte hingegen ist sie verborgen. Daß aber auch bei Staubgefäßen und Stempeln — oder, wie man sie ihrer Natur nach lieber nennen sollte, Staubblättern und Fruchtblättern — eine Metamorphose des Blattes vorliegt, zeigen sowohl die Entwicklungsgeschichte als auch sogenannte Rückschlagserscheinungen. Es kommt nämlich vor, daß die Staubgefäße sowohl wie auch die Stempel ganz oder zum Teil blattartig ausgebildet sind, z. B. in gefüllten Blüten, welche daher die Fähigkeit Samen zu erzeugen eingebüßt haben.

Dem Gesagten zufolge sind die Staub- und Fruchtblätter die wesentlichen Blütenteile; die Blütenhülle ist unwesentlich und kann daher auch fehlen. Ist sie samt allen anderen Teilen vorhanden, so nennt man die Blüte vollständig (Fig. 27), fehlt sie, so ist die Blüte nackt. Es kann auch vorkommen, daß nur ein Hüllkreis, also entweder der Kelchblatt- oder der Blumenblattkreis, vorhanden ist (Fig. 29); auch können beide gleichartig ausgebildet sein, dann nennt man die Hülle ein Perigon, bei Fig. 30 ist der deutlich vorhandene Kelch kronenartig und bunt. Wenn von den wesentlichen Blütenteilen sowohl Staub- als auch Frucht-

blätter vorhanden sind, so liegt eine zwitterige oder zweigeschlechtliche Blüte (Fig. 27) vor; ist nur eine von beiden Arten da, so ist die Blüte eingeschlechtlich, und zwar männlich, wenn sie Staubblätter, weiblich, wenn sie Fruchtblätter besitzt (Fig. 29). Fehlen endlich alle beide, so hat die Blüte ihren eigentlichen Zweck verloren und steht im Dienst anderer Blüten, wie wir dies noch erörtern werden.

Die Anordnung der Blütenteile ist eine ganz gesetzmäßige. Die Darstellung der Blütenteile in Horizontalprojektion nennt man ein Diagramm (Fig. 26); aus ihm läßt sich die Anordnung der Teile am besten erkennen. Diese Anordnung ist nun entweder eine quirlartige (cyklische) oder eine spiralige (acyklische). Letztere findet sich z. B. bei den Zapfen der Koniferen, ist aber seltener. Bei der Quirlstellung hat man auf die Zahl der Kreise (Quirle) zu achten; denn oft genug zeigen einige Arten der Blütenorgane mehrere Kreise (besonders die Staubblätter). Man spricht darnach von ein- bis mehrquirligen (cyklischen) Blüten; sodann ist die Zahl der Blätter in einem Quirl beachtenswert (zwei bis mehrzählig, dimer, trimer, tetramer, pentamer u. s. w.). Bezüglich der Stellung der aufeinander folgenden Quirle kommen zwei Fälle vor: entweder stehen die Glieder des folgenden Quirls zwischen denen des vorhergehenden, sie alternieren, oder die Glieder des folgenden Quirls stehen vor denen des vorhergehenden, sie sind dann opponiert. Einige Beispiele sind folgende: der Nachtschatten (Fig. 26 b) (Solanum) hat eine vierquirlige (tetracyklische) Blüte und jeder Quirl ist fünfzählig (pentamer), die Kreuzblüten (z. B. Kohl) sind sechsquirlig und die einzelnen Quirle sind verschiedenzählig (2 Kelchquirle zu je 2 Blättern, 1 viergliedriger Blumenblattquirl, ein zwei- und ein viergliedriger Staubblattquirl

und ein zweigliedriger Fruchtblattquirl); die Liliengewächse (z. B. Tulipa Fig. 26 a) besitzen sehr ausgesprochen fünfquirlige (pentacyklische) Blüten mit je drei Gliedern (trimer).

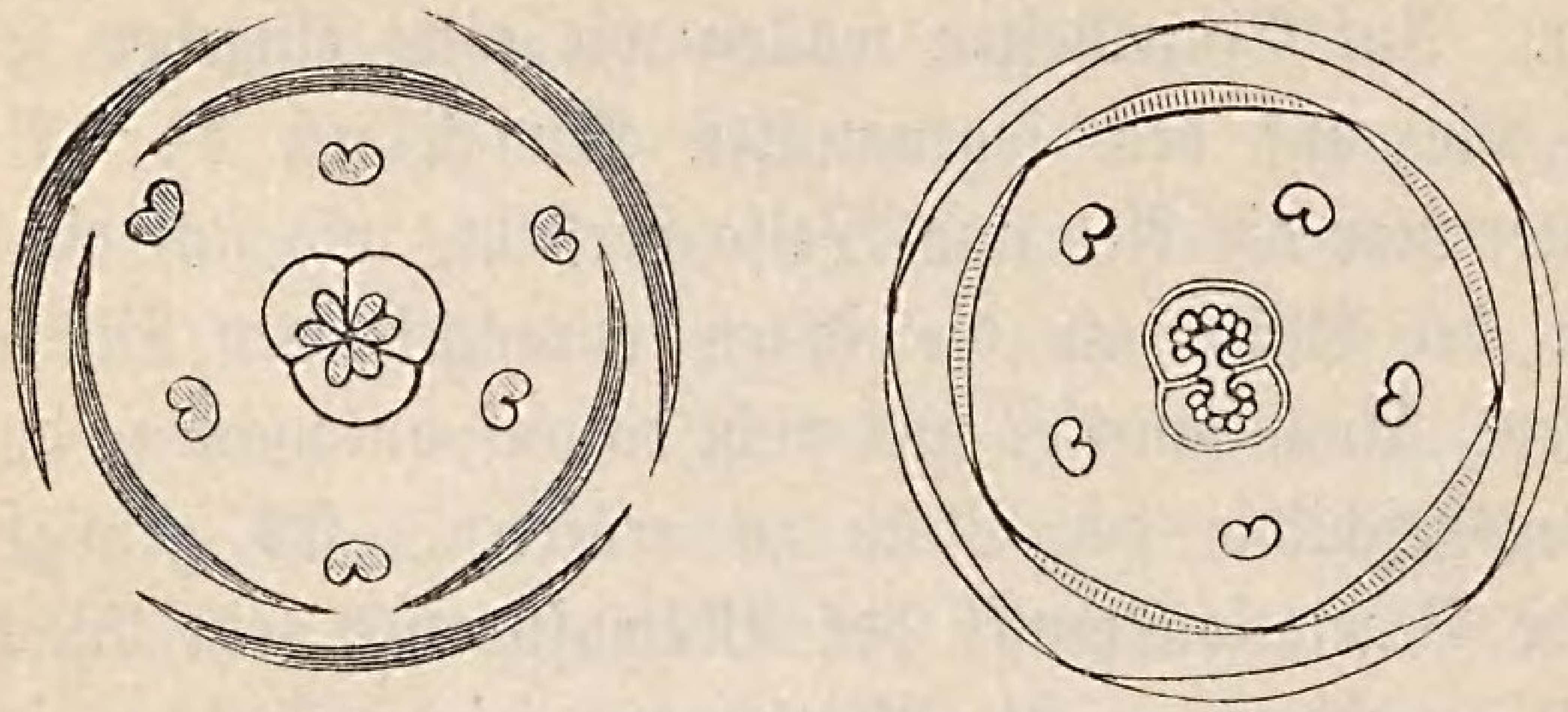


Fig. 26.
Diagramm. A Tulipa, pentacyklische trimere Blüte;
B Solanum, tetracyklische pentamere Blüte.

Zu bemerken ist nun aber, daß die eben erörterten Verhältnisse nicht immer so klar wie geschildert sind. Es kann nämlich Reduktion einzelner Teile stattfinden, was man hier als Abort bezeichnet. Schwinden einzelne Teile ganz, so kann begreiflicher Weise nur die Entwicklungsgeschichte Aufklärung geben. Andererseits kann eine Spaltung oder Verdoppelung in einem Kreis eintreten; so ist z. B. der innere Staubblattkreis der Kreuzblüte durch Verdoppelung viergliedrig geworden. Endlich können benachbarte Blütenteile eines Quirls mit einander verwachsen und dadurch die gesetzmäßigen Zahlenverhältnisse stören.

Die Vermehrung der Blumenblätter in gefüllten Blüten entsteht in den wenigsten Fällen durch Einschiebung neuer Blätter. Vielmehr sind es gewöhnlich zwei andere Gründe, welche eine Füllung bewirken: Spaltung der ursprünglich einfachen Anlagen in mehrere andere oder Verwandlung der Staub- und Fruchtblätter in Blumenblätter, wobei eben ihre eigentliche Natur zu Tage tritt.

Die Deckung der Blütenteile in der Knospe nennt man Aestivation; sie ist „klappig“, wenn sich die Blätter mit den Rändern berühren, „dachig“, wenn dieselben übereinander greifen. Auf Einzelheiten wollen wir nicht eingehen, ebensowenig wie auf den sogenannten Anschluß der Blüte, worunter man die Art und Weise versteht, wie sich die Blattorgane der Blüte an die ihnen vorangehenden Blätter anschließen. Auch kann es uns nicht darauf ankommen, die Entwicklungsgeschichte der Blüte zu erörtern. Es genügt uns, daß der Vegetationspunkt des Blütensprosses sein Wachstum einstellt, nachdem er die Blattorgane seiner Sphäre in derselben Weise, wie es an den vegetativen Sprossen geschieht, d. h. als Zellhöcker, angelegt und ausgegliedert hat.

Zum allgemeinen Blütenbau gehört auch der Gesamteindruck, den die Blüte im Bezug auf Regelmäßigkeit macht. Man nennt die Blüte regelmäßig, wenn die Glieder aller Quirle unter sich gleichartig gebaut und um die Achse gleichmäßig strahlig angeordnet sind (Vergißmeinnicht), dagegen symmetrisch, wenn dies nicht der Fall ist, die Blüte sich aber durch einen Schnitt in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften teilen läßt (Mimulus Fig. 30, Erbse, Bienensaug). Die Ungleichheit kann schon durch verschiedene Färbung und Stellung, vor allem aber durch Unterschied in der Größe veranlaßt werden. Ueber die Ursache der symmetrischen Ausbildung der Blüte hat man gestritten, ohne einig zu werden. Da sollten Licht und Wärme, Druck und Insektenstich (!) sowie die Schwerkraft verursachende Faktoren sein; es ist aber doch wohl unzweifelhaft, daß in erster Linie die schwer zu ergründende innere Natur der Pflanze gegenüber derartigen mechanischen Ursachen die hauptsächlich bestimmende, wenn nicht einzige, sein wird.

b) Bau der Blüte im Einzelnen.

α. Die Achse.

Die Achse des Blütensprosses führt den Namen Blütenboden oder später Fruchtboden; gewöhnlich ist sie sehr verkürzt, da ihre Blätter sehr dicht aufeinander folgen und zwar im typischen Fall in der oben erwähnten Reihenfolge: Kelch, Blumenkrone, Staubgefäße und Stempel, sodaß also die letzteren den Gipfel bezw. das Zentrum der Blüte einnehmen. Allein es kommt doch auch vor, daß die Internodien zwischen zwei verschiedenen Blattquirlen der Blüte sich verlängern, sodaß dann ein Quirl stielartig emporgehoben erscheint (Nelkengewächse). Zuweilen bilden sich auf der Achse zwischen den Quirlen Drüsen mit honigartiger Absonderung; ist es ein mehr ringförmiger Wall, so nennt man es einen Diskus (Lippenblütler). Die Achse kann aber auch eine Verbreiterung erfahren und zu einer flachen Scheibe werden, auf der dann die Quirle mehr oder weniger auseinander gerückt erscheinen (einige Rosengewächse, z. B. Himbeere). Stellt man sich nun vor, daß auf diesem scheibenförmigen Blütenboden zwischen Staubblättern und Stempeln ein Wachstum stattfindet, so daß Kelch, Blumenkrone und Staubgefäße wie auf einem Wall emporgehoben werden, so ersieht man, daß sich eine becherförmige Bildung ergeben muß; im Innern dieses Bechers sitzen die Stempel, am Rand die übrigen Blütenorgane Rosengewächse, z. B. Rose). Der dritte Fall endlich ist, daß nun die becherförmig ausgebildete Achse an ihrer Innenfläche mit den Fruchtblättern verwächst, so daß dann also die andern Blütenteile auf dem Gipfel der Fruchtblätter und diese unter jenen zu sitzen scheinen (Doldengewächse). Man bezeichnet dies als Insertionsverhältnisse der Blüte und nennt die Blütenhülle im ersten Falle unterständig

(Fig. 27 und 28) (hypogyn — dann ist der Stempel natürlich oberständig), im zweiten Fall umständig (perigyn — dann ist der Stempel mittelständig) und endlich im dritten Fall oberständig (epigyn — dann ist der Stempel unterständig).

β. Die Blütenhülle.

Es ist schon gesagt, daß Blüten ohne besondere Hülle nackt heißen (Esche, Weide). Die Hülle kann, wenn vorhanden, einfach, d. h. gleichartig ausgebildet sein, dann heißt sie Perigon (Fig. 29); oder sie kann sich in zwei verschiedene Kreise gliedern, dann unterscheidet man dieselben als Kelch und Krone (Fig. 27). Alle drei können verwachsen (Fig. 28 und 30) oder freiblättrig (Fig. 27 und 29) sein; im ersten Fall offenbart sich am Rand durch eine Zahnung, Spaltung oder Teilung noch die Mehrblättrigkeit. Bei dem Ausdruck „verwachsenblättrig" darf man übrigens nicht an eine nachfolgende Verwachsung ursprünglich getrennter Blattanlagen denken, eine derartige Blütenhülle entsteht vielmehr als ein Ringwall.

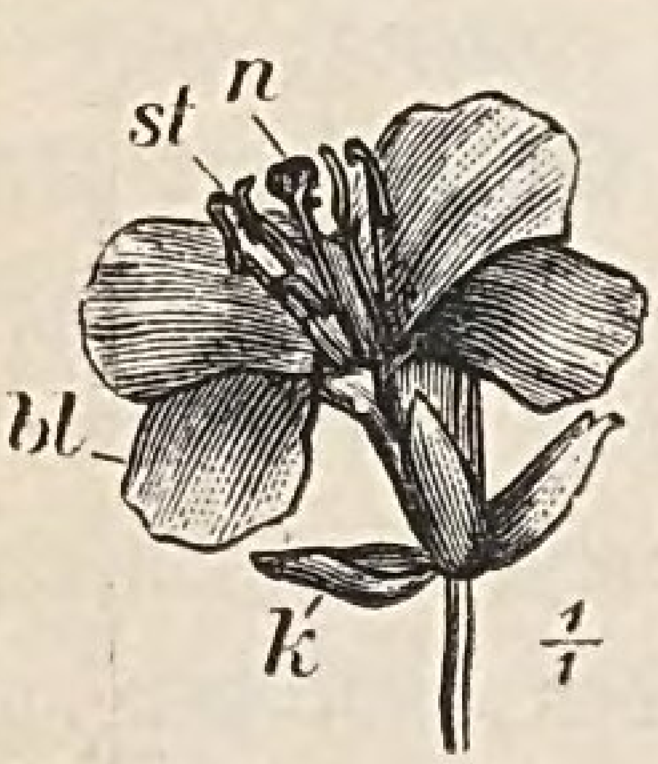


Fig. 27.
Diplotaxis tenuifolia, Rampe, zweigeschechtige vollständige Blüte. k Kelch, bl Blumenblätter, st Staubfäden, n Narbe des Stempels.

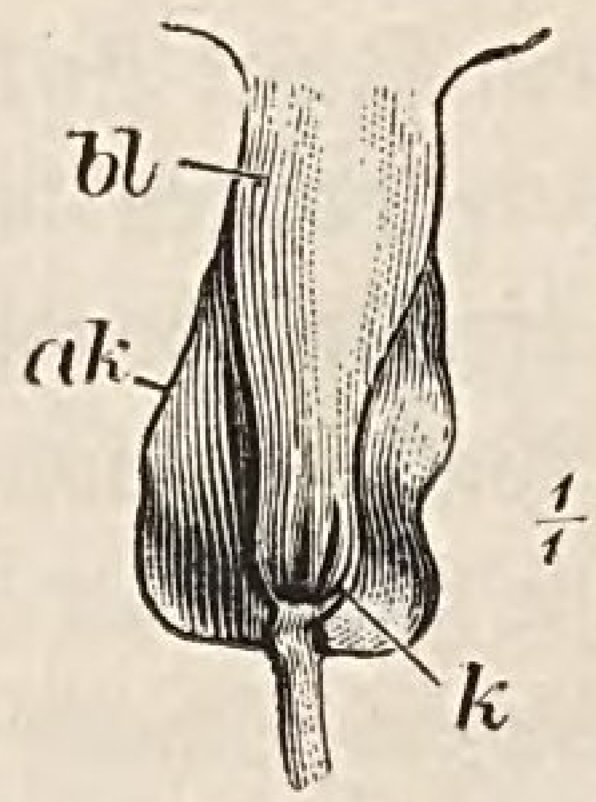


Fig. 28.
Thunbergia alata. unterer Teil der Blüte, ak Außenkelch, k Kelch, bl Blumenkronenröhre.

Kelch und Krone unterscheiden sich bei typischer Ausbildung wesentlich durch ihr äußeres Verhalten. Der Kelch ist grün und laubartig, selten bunt (Fig. 30), gewöhnlich sind

seine Blätter mit breiter Basis sitzend und ungeteilt (bei der Rose geteilt). Seine Aufgabe als Blütenhülle fällt vor allem in die Jugendzeit der Blüte, d. h. er schützt die Knospe, welche die unreifen inneren Teile und die noch zusammengelegte Krone enthält. Der Kelch hat aus diesem Grunde oft nur eine vorübergehende Bedeutung und fällt daher in einzelnen Fällen bald nach dem Aufschließen der Blüte ab (Mohn). Ist er ausdauernder, dann übernimmt er später eine zweite Aufgabe. Diese ist vor allem, als Flugorgan die Verbreitung der Früchte zu fördern. Das ist namentlich auffallend bei den Kompositen, die einen haarförmigen, zunächst sehr kleinen Kelch besitzen, der jedoch später bis zur Fruchtreife zu einer fallschirmartigen Haarkrone, dem Pappus, auswächst (Löwenzahn, Ruhrkraut Fig. 32, auch Fig. 48). Die Bezeichnungen, die man für den verwachsenblättrigen Kelch benutzt, erklären sich aus sich selbst (z. B. röhrig, glockig, trichterförmig, becherförmig, kugelig, aufgeblasen). Der Kelch kann auch symmetrisch gebaut sein.

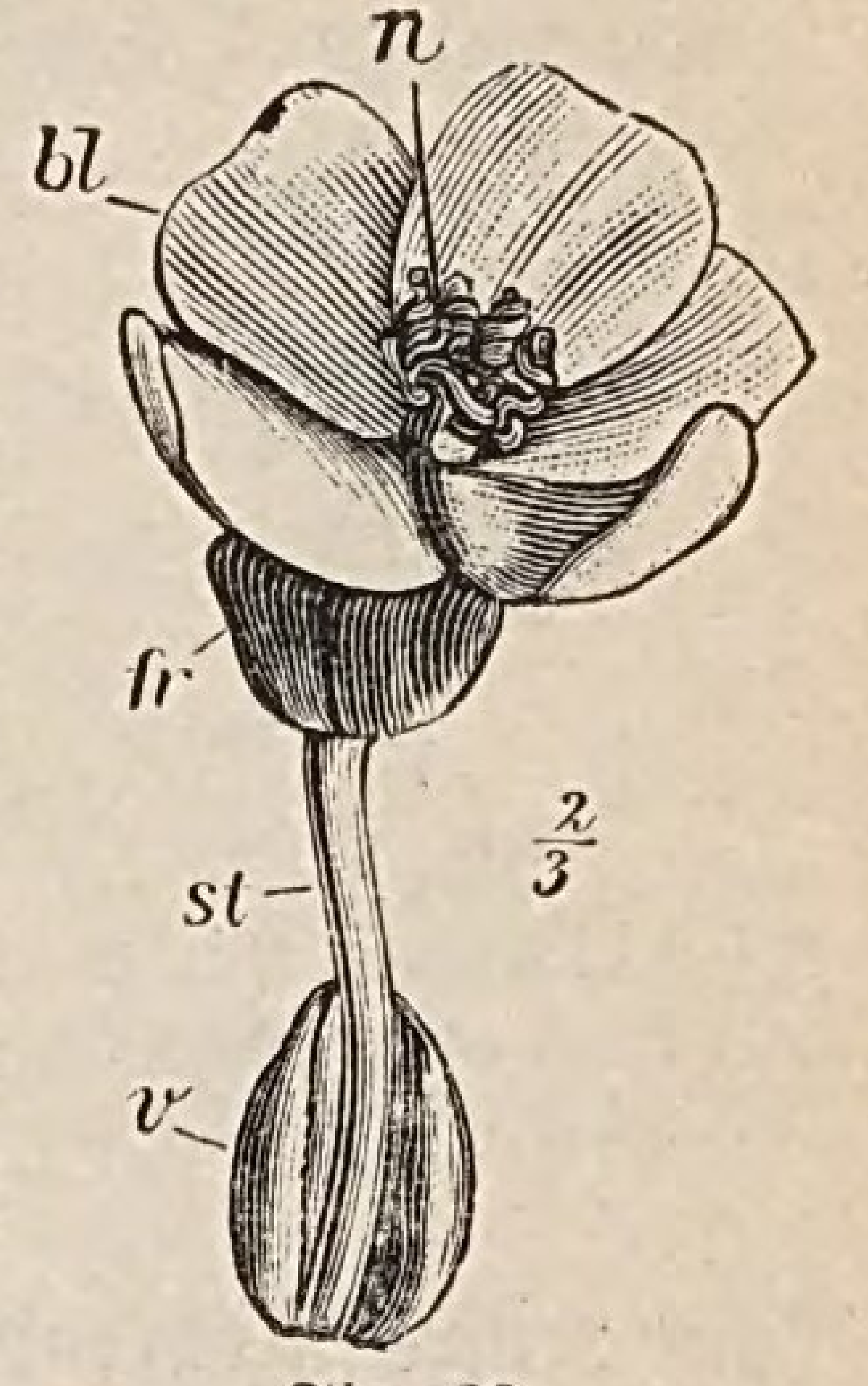


Fig. 29.
Begonia spec., weibliche Blüte.
v Vorblatt, st Stiel, fr Fruchtknoten, bl Blumenkrone, n Narbe.

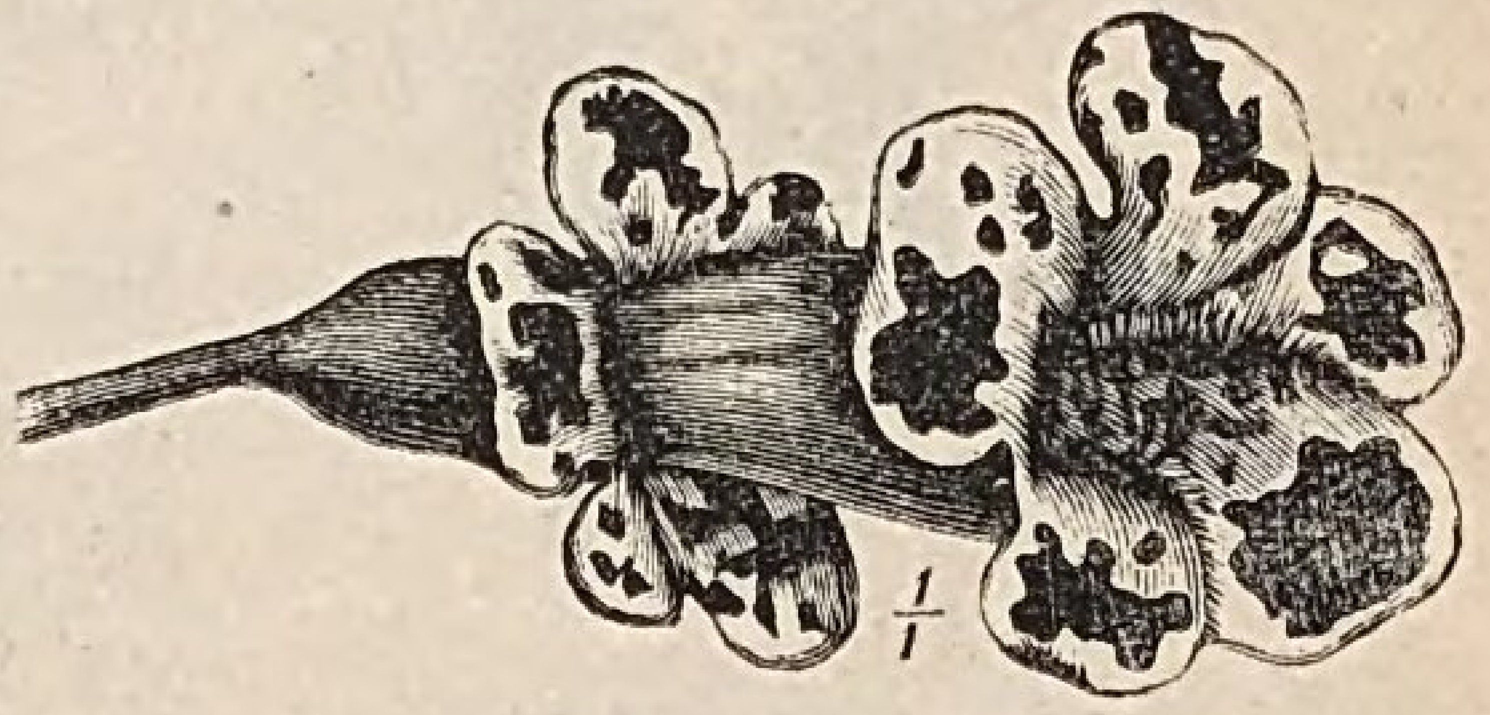


Fig. 30.
Mimulus luteus, Blüte mit kronenartigem Kelch.

Die Blumenkrone ist im Gegensatz zum Kelch meist bunt gefärbt und zarter gebaut; sie kann auch gestielt (genagelt sagt man dann) und zerschlitzt sein (Nelken). Die

bunte Färbung beruht auf gelösten roten und blauen oder körnigen gelben Farbstoffen; andere Eigentümlichkeiten wie sammetartige Oberfläche beruhen auf anatomischen Verhältnissen. Regelmäßige freiblättrige Kronen haben die Kreuzblütler, Nelken- und Rosengewächse, eine symmetrisch freiblättrige Krone besitzen die Schmetterlingsblütler, eine regelmäßig verwachsenblättrige die Glockenblumen, eine symmetrisch verwachsenblättrige die Lippenblütler. Die beiden letzten Formen vereinigen die Komposition (Fig. 31 und 32) in einem Blütenstand: ihre Röhrenblüten sind regelmäßig, die Zungenblüten symmetrisch. Im übrigen treffen wir auf ähnliche Bezeichnungen wie beim Kelch.

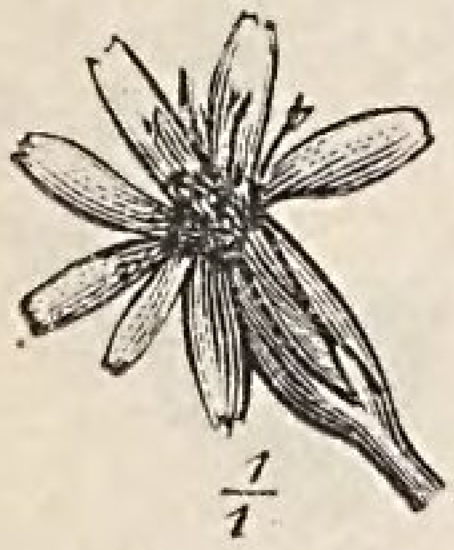


Fig. 31.
Solidago virgaurea, Goldrute, Blütenköpfchen.

Auch die Ausbildung des Perigons kann eine ähnliche sein und zwar ist dasselbe entweder kelchartig (grün) oder kronenartig (bunt).

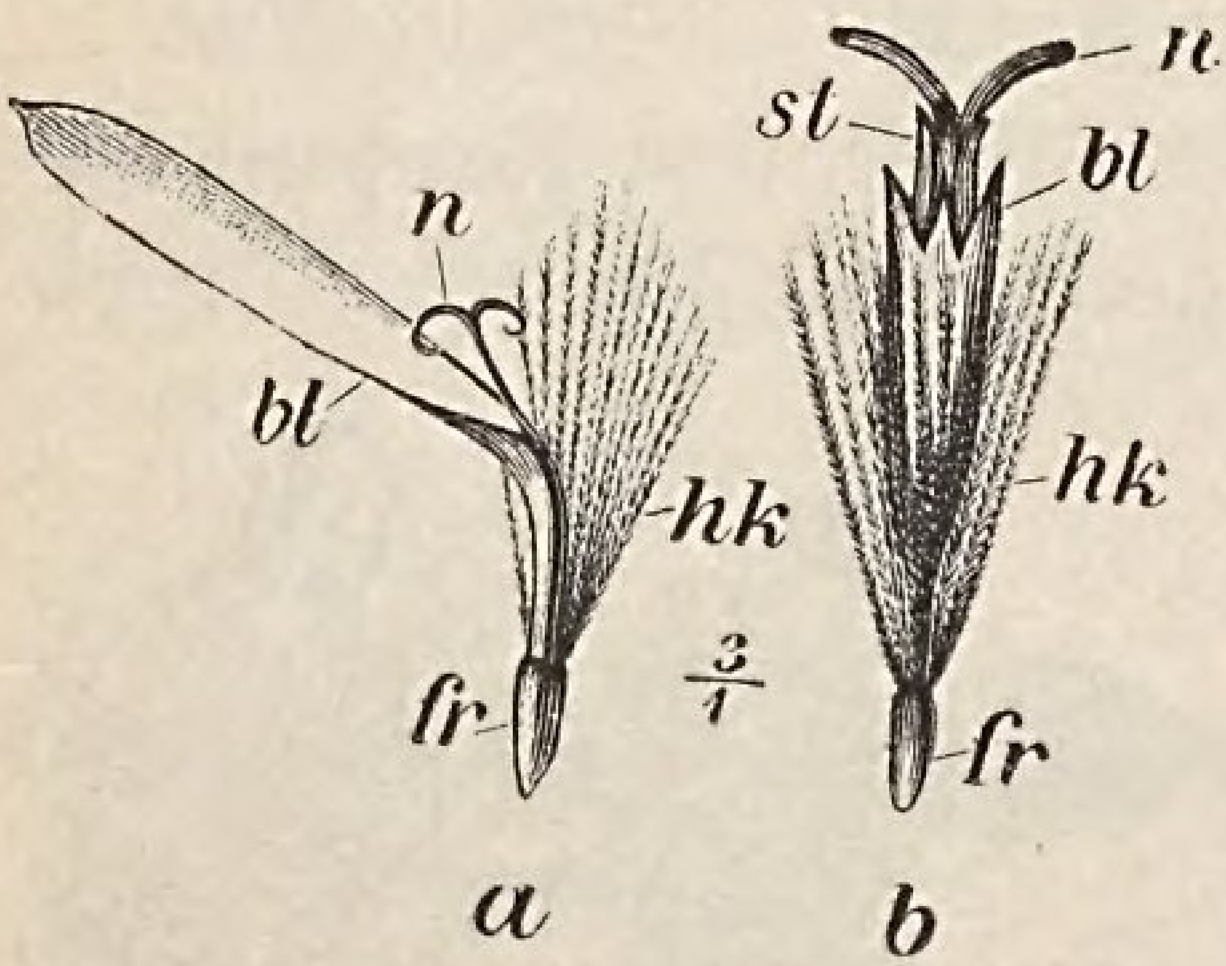


Fig. 32.
Pulicaria dysenterica, Ruhrkraut. a) eingeschlechtige (weibliche) Zungenblüte vom Rand; b) zweigeschlechtige Röhrenblüte von der Scheibe. fr unterständiger Fruchtknoten, hk Haarkrone, bl Blumenkrone, st Staubfadenröhre, n Narbe. 3/1.

Es erübrigt, noch ein Wort über die Bedeutung der Krone zu sagen. Es ist klar, daß die Arbeitsleistung der Krone als Blütenhülle nur eine ganz geringe sein kann. Es giebt allerdings Kronen und Perigone, die sich nachts schließen und dann die inneren Teile vor nächtlicher Kälte schützen. Im übrigen sind sie dazu viel zu zart und obendrein auch

meist flach ausgebreitet. Dies hängt alles mit einem wichtigen Kapitel der Biologie zusammen. Wie wir sehen werden, greifen die Insekten, besonders Hautflügler (Bienen, Hummeln), bei der Befruchtung der Pflanzen bedeutsam in das Leben derselben ein. Die Pflanze ist auf sie angewiesen, daher sucht sie dieselben anzulocken: sie bietet ihnen den Honig, den sie in der Blüte absondert und den Ueberfluß ihres Blütenstaubes, sie lockt sie an durch bunte Farben der Blumenblätter und durch Wohlgerüche. Die großen Blumenblätter rufen die Insekten schon von weitem und wenn sie kommen, bieten sie ihnen eine willkommene Anflugsfläche. Oft findet hierbei eine sonderbare Arbeitsteilung statt, indem bei manchen Blütenständen, namentlich bei den Körbchen, die außenstehenden Blüten bedeutend größer sind als die andren, also als Lockapparat und Anflugstelle dienen, im übrigen aber wertlos sind, da sie durch Verlust von Staubblättern und Stempeln unfruchtbar geworden sind (Wucherblume, Kornblume, Goldrute Fig. 31 und Ruhrkraut Fig. 32). Auch sonst bietet die Blumenkrone den Insekten gewöhnlich einen recht bequemen Eingang, wie z. B. die der Lippenblütler.

Die Blumenkrone kann auch hin und wieder eine andre Aufgabe übernehmen, vor allem die Sammlung und Aufspeicherung des Honigs. Dazu haben manche Blumenkronen eine spornartige Verlängerung (Knabenkraut, Veilchen); oft aber ist auch das ganze Blatt in ein Nektarium oder Honiggefäß umgewandelt (Nießwurz).

Die Aufgabe der Blütenhülle wird ab und zu von andern Blattorganen geleistet oder doch wenigstens unterstützt. So giebt es Pflanzen, die einen sogenannten Außenkelch besitzen (Thunbergia Fig. 28, Malven und Rosengewächse): es sind dies Hochblätter, die dem Kelch sehr nahe sitzen und

sogar blumenblattartig werden können. Auch Hochblätter des Blütenstands können mit zum Lockapparat hinzugezogen werden. Andererseits können auch Nebenblattbildungen der Blütenteile zur Verstärkung der Blütenhülle dienen; man nennt derartige Gebilde Nebenkronen (Narzisse).

γ. Die Staubblätter (Fig. 33).

Man bezeichnet die Gesamtheit der Staubblätter als Androeceum. Ihre Zahl ist verschieden, aber doch wieder so konstant, daß Linné darnach sein künstliches System aufbaute. Man unterscheidet den Stiel des Staubblatts als Filament oder Staubfaden von dem oberen, keulenförmigen Teil, der Anthere oder dem Staubbeutel. Der Staubfaden kann als der unwesentliche Teil fehlen; er ist aber doch meist vorhanden, um die Staubbeutel in die rechte Lage zu bringen. Die Staubbeutel bestehen aus zwei Hälften und jede ist wieder durch eine Furche in zwei Teile geteilt; dies entspricht dem inneren Bau. Beim Durchschneiden eines Staubblatts erkennt man 4 Fächer, die sog. Pollensäcke; im reifen Staubblatt sitzt in diesen Säcken ein feiner Staub, der Pollen- oder Blütenstaub, der aus lauter kleinen, einzelnen Zellen von für die verschiedenen Arten sehr verschiedener Gestalt besteht; meist aber hat die Oberfläche Höcker, Warzen, Stacheln usw. Ihre Membran zerfällt in zwei Teile: die Intine und die Exine. Die beiden Pollensäcke werden durch das Konnektiv verbunden. In allen diesen Verhältnissen herrscht eine derartige Verschiedenheit, daß man sie zur systematischen Artenabgrenzung benutzen kann. (Vergl. Fig. 33 Erklärung.)

Hin und wieder werden Staubblätter unfruchtbar, d. h. sie erzeugen keinen Pollen; zum Teil schrumpfen sie in diesem

Fall ein, werden also völlig reduziert, zum Teil bleiben sie jedoch und nehmen eine andere Gestalt und Aufgabe an; sie werden zu „Staminodien“, die oft drüsenartig beschaffen sind.

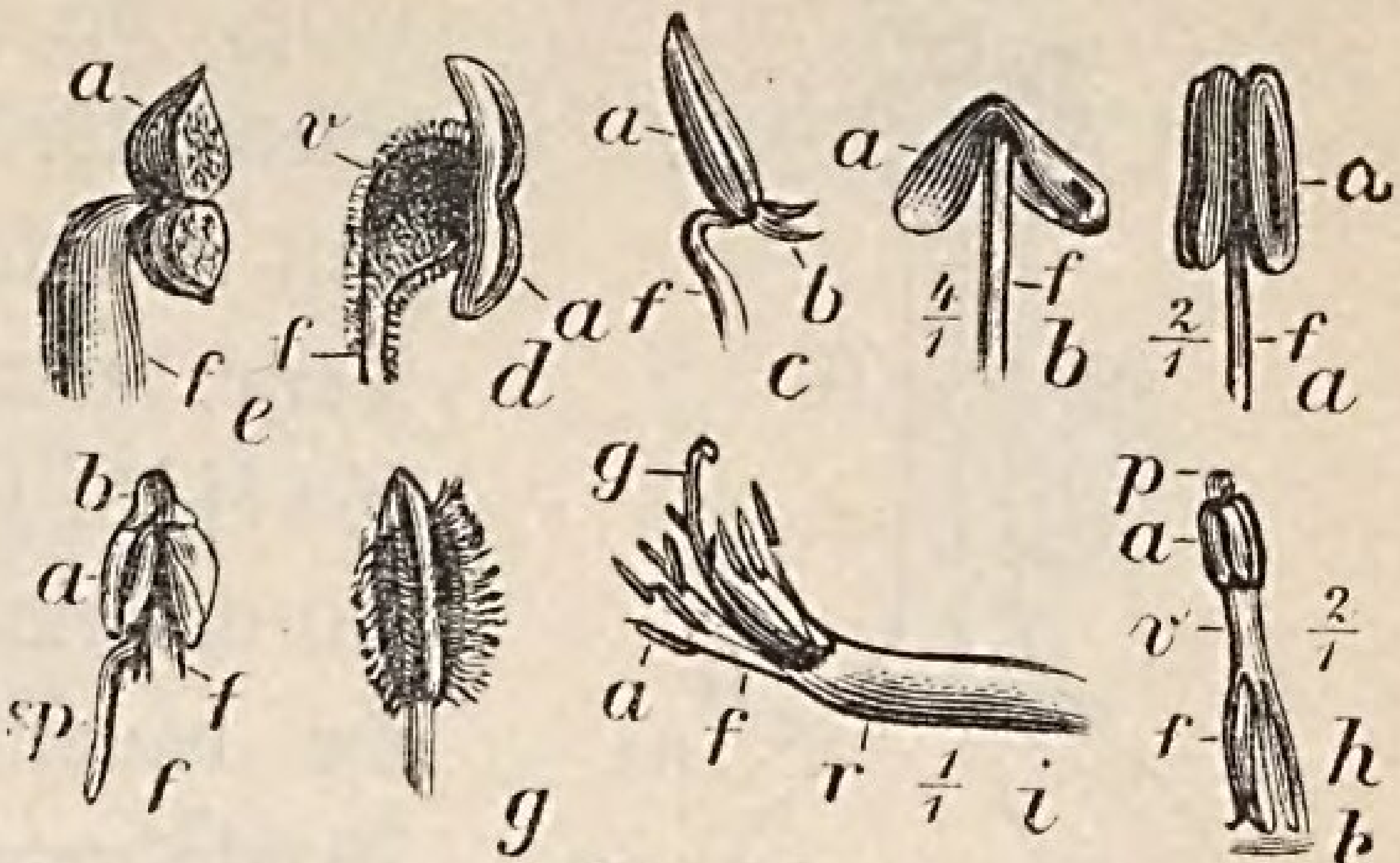


Fig. 33.

Staubblattformen. a) Salpiglossis, typische Anthere; b) Petunia hybrida, mit abstehenden Antheren; c) Calluna vulgaris, mit schwanzförmigen Anhängen an den Antheren; d) Maurandia, mit vertikalen Antheren und Verdickung (v) am Ende des Filaments; e) mit senkrecht stehenden Antheren und an der Spitze verdünntem Filament; f) Viola tricolor, mit Verlängerung des Filaments (a) und spornartigem Anhängsel (sp); g) Thunbergia alata, mit Knopfhaaren; h) Lobelia erinus, verwachsene Staubfäden, b Blütenboden, v verwachsener Teil der Staubfäden, f freier Teil, p Pollen; i) Lupinus, mit dem unteren Teil (r) der Staubfäden verwachsene Staubblätter; in allen 9 Figuren bezeichnet f den Staubfaden (Filament) und a den Staubbeutel (Anthere).

Die Staubgefäße können frei oder unter sich in mehrere Bündel verwachsen sein (s. die Klassen Linnés): bei den Kompositen (Fig. 32, b) sind nur die Staubbeutel, und zwar zu einer Röhre, verwachsen, während die Staubfäden frei sind; selbst mit Teilen des Stempels kann der Staubbeutel verwachsen (Orchideen).

Die Pollensäcke öffnen sich bei der Reife des Pollens, indem sich gewisse unter der Oberhaut gelegene Zellen mit Verdickungsleisten beim Austrocknen zusammenziehen.

δ. Der Stempel.

Als Stempel oder Pistill (Fig. 34) bezeichnet man das einzelne Fruchtblatt (Carpell), die Gesamtheit aller Fruchtblätter führt den Namen „Gynoeceum“. Die Metamorphose des Blattes ist an ihm leichter zu erkennen als am Staubblatt. Denkt man sich, daß sich ein Blatt an seiner

Hauptader einschlägt, mit den Rändern zusammenlegt und dort verwächst (Bauchnaht), so entsteht dadurch eine Höhlung, die einfachste Form eines Stempels. In ausgebildeter Gestalt unterscheidet man an ihm drei Teile, nämlich Fruchtknoten, Griffel und Narbe; er ist dann gut mit einer Flasche zu vergleichen: ihr bauchiger Teil entspricht dem Fruchtknoten, ihr Hals dem Griffel, und der Kork der Narbe. Die Blattnatur des Stempels ist besonders bei den Schmetterlingsblütlern (z. B. Erbse) recht deutlich. Gewöhnlich haben die Pflanzen mehrere Fruchtblätter, die entweder frei bleiben (wie bei den Hahnenfußgewächsen, z. B. Anemone) oder mit einander verwachsen, sei es nun, daß die Fruchtknoten allein oder auch die anderen Teile verwachsen; oft ist dann die Verwachsung nicht mehr zu erkennen; die Fruchtblätter bilden vielmehr ein einheitliches aber mehrfächeriges Gebilde. Beides kann bei ober- und unterständigen Stempeln eintreten.

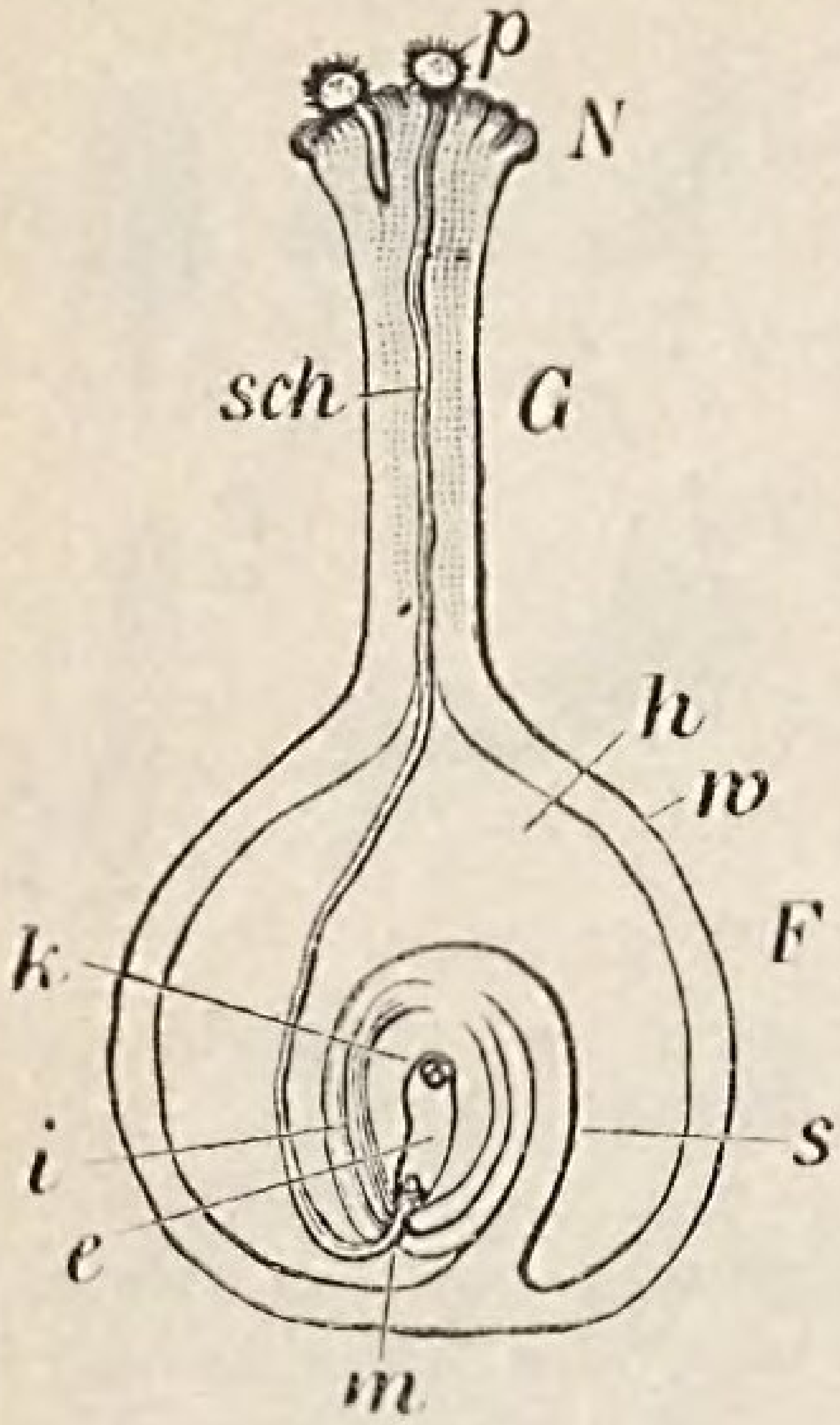


Fig. 34.
Typischer Stempel, schematisiert. F Fruchtknoten, G Griffel, N Narbe, w Wand des Fruchtknotens, h Höhle desselben, s Samenknospe, i Integumente, m Mikropyle, k Knospenkern, e Embryosack, sch Pollenschlauch, p Pollenkern.

In den Fruchtknoten finden sich bestimmte Stellen, Placenten genannt (Fig. 35, b und 37, b), an denen die wichtigsten Teile des Stempels, die Samenknospen, sitzen. Bei einfachen Fruchtblättern ist die Bauchnaht die Placenta, bei zusammengesetzten sind die Verhältnisse verschieden. Die Ausdrücke zentralwinkelständige (Lilie) und wandständige Placentation (Mohn) erklären sich von selbst

bei freier Placenta (Primel) sitzen die Samenknospen auf einem Säulchen, das sich frei in der Fruchtknotenhöhle erhebt; endlich kann es vorkommen, daß nur eine einzige Samenknospe vorhanden ist, die im Grunde des Fruchtknotens sitzt (Knöterich).

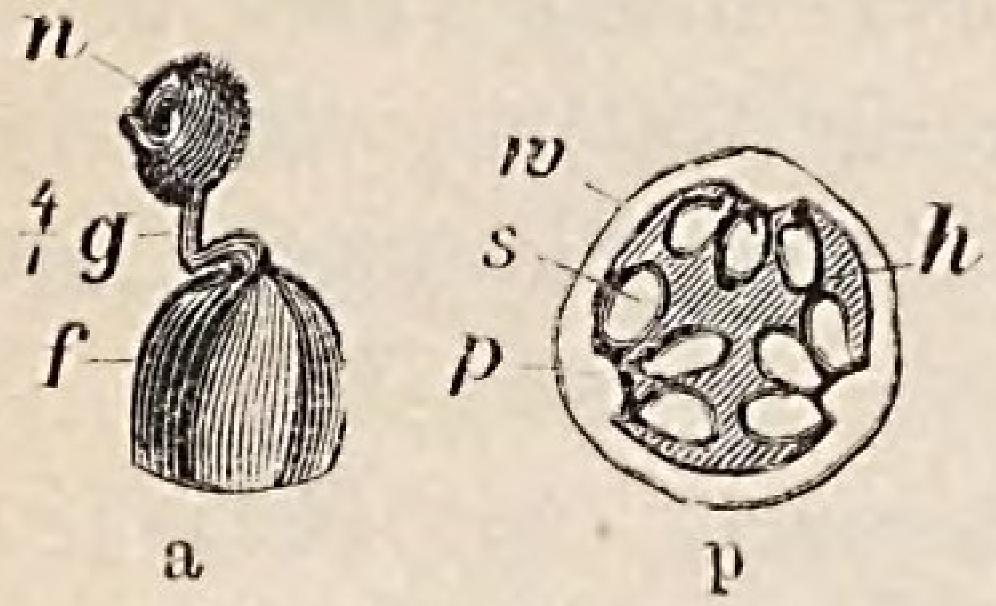


Fig. 35.
Viola tricolor, Stiefmütterchen, Pistill, a) Ansicht, b) Querschnitt; f Fruchtknoten, g Griffel, n knopfige hohle Narbe, w Fruchtknotenwand, h Fruchtknotenhöhle, p Placenta, s Samenknospe.

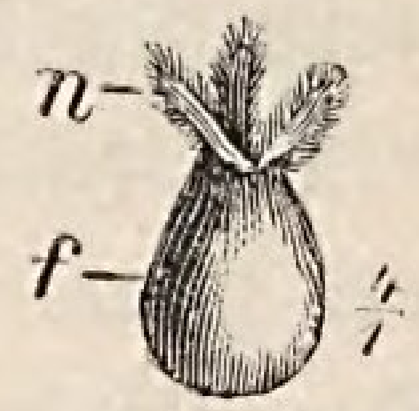


Fig. 36.
Cardiospermum halicacabum, griffellose Frucht. f Fruchtknoten, n dreiteilige fleischige haarige Narbe.

Die Samenknospe ist das Gebilde, aus welchem der Same entsteht. Ist ein Stiel vorhanden, so heißt derselbe Nabelstrang (Funiculus); die Stelle, wo die Samenknospe an diesem oder an die Placenta angeheftet ist, wird Nabel genannt (an der Erbse deutlich). Der Hauptteil der Samenknospe wird Knospenkern (Nucellus) genannt; er besitzt gewöhnlich eine oder zwei Hüllen (Integumente), welche auf dem Scheitel eine feine Oeffnung, die Mikropyle, lassen. Im Knospenkern zeigt sich schon früh eine große Zelle, der Embryosack, und am Scheitel desselben erkennt man mehrere (3) Zellen, von denen die innerste die Eizelle ist. — Die Samenanlage ist entweder gerade und Nabel und Mikropyle liegen einander gegenüber (atrope Samenknospe), oder sie ist gegenläufig (anatrop), wenn die gegenseitige Lage von Nabel und Mikropyle zwar ebenso, aber die ganze Samenknospe am Nabel gekrümmt und dem Nabelstrang angewachsen ist; endlich spricht man von krummläufiger

(kampylotroper) Samenknospe, wenn sie selbst gekrümmt ist, so daß Nabel und Mikropyle nicht gegenüber, sondern neben einander liegen.

Die Frage nach der morphologischen Bedeutung der Samenknospe ist noch immer eine strittige, denn man ist sich noch nicht klar darüber, ob sie ein Knospen- oder ein Blattgebilde ist, es scheint aber, als ob die zweite Ansicht die richtigere wäre.

Der zweite Teil des Stempels, der Griffel, stellt einen meist mit lockerem Gewebe angefüllten Kanal dar, der auch ebenso gut fehlen kann, manchmal verzweigt oder geteilt ist (Fig. 37) und nach Länge und Dicke sehr verschieden sein kann.

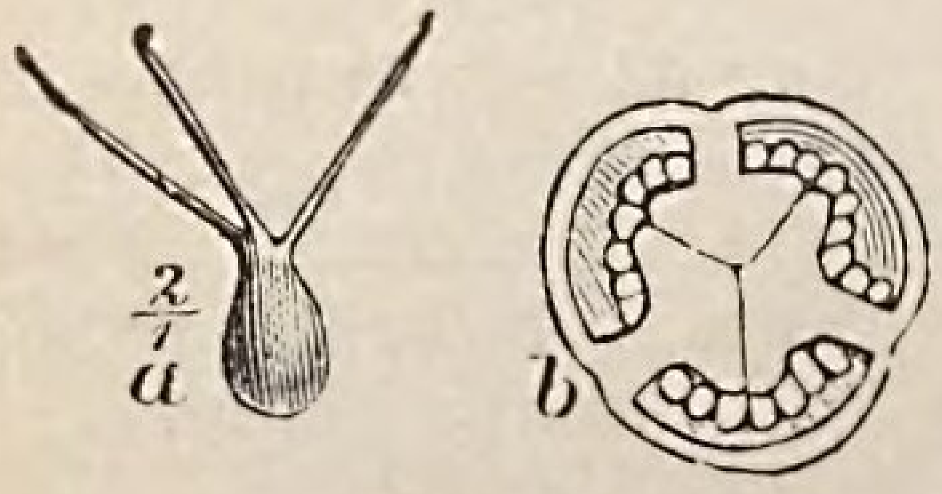


Fig. 37.
Hypericum perforatum, Hartheu; Pistill, a Ansicht, b Querschnitt.

Der dritte Teil, die Narbe, ist hingegen wesentlicher. Sie ist gewöhnlich knopfförmig einfach, kann aber auch geteilt und anders gestaltet sein (Fig. 35—38). Gewöhnlich ist sie mit Warzen besetzt und obendrein klebrig und schleimig, was mit ihrer biologischen Bedeutung zusammenhängt. Zuweilen besitzt sie Sammelapparate für den Pollen, seien es nun Bürsten- oder Becher- oder Schirmbildungen (Fig. 38, c, e, h).

Der Zweck der Staub- und Fruchtblätter ist die Befruchtung. Dieselbe geschieht durch Verschmelzung des Polleninhalts mit der Eizelle. Das Pollenkorn gelangt, gewöhnlich von Insekten getragen, (daher der Honig und die Lockapparate) auf die Narbe, haftet hier vermöge seiner warzigen Beschaffenheit, die es mit der Narbe teilt, und treibt, von dem Narbensekret angeregt, einen Schlauch, der das Leitgewebe des Griffels durchwächst und endlich zur Eizelle gelangt.

Die hier geschilderten Verhältnisse gelten für die sog. Angiospermen (bedecktsamige Pflanzen). Diese besitzen einen Fruchtknoten mit geschlossener Höhle. Anders dagegen die Gymnospermen (nacktsamige Pflanzen); hier schließen sich die Fruchtblätter nicht zu einem Gehäuse, sondern sie bleiben offen und mehr blattförmig, schuppig; später stellen sie oder vielmehr ein Teil derselben die bekannten Schuppen der Tannen- und Kieferzapfen dar.

9. Die Frucht.

Das Ergebnis der Befruchtung ist die Entstehung von Frucht und Samen. Die Frucht ist das, was durch Umwandlung des Fruchtknotens entsteht, der Same das, was aus der Samenknospe hervorgeht.

Die Veränderungen, welche mit der Befruchtung eintreten, sind aber so tiefgehende, daß sie oft noch andere Blütenteile in ihren Bereich ziehen. So können sich Hochblätter sogar zur Fruchthülle umbilden (Becher der Kupuliferen: Eiche, Buche, Hasel). Wenn der Blütenboden daran teilnimmt, so entstehen die unten zu besprechenden Scheinfrüchte.

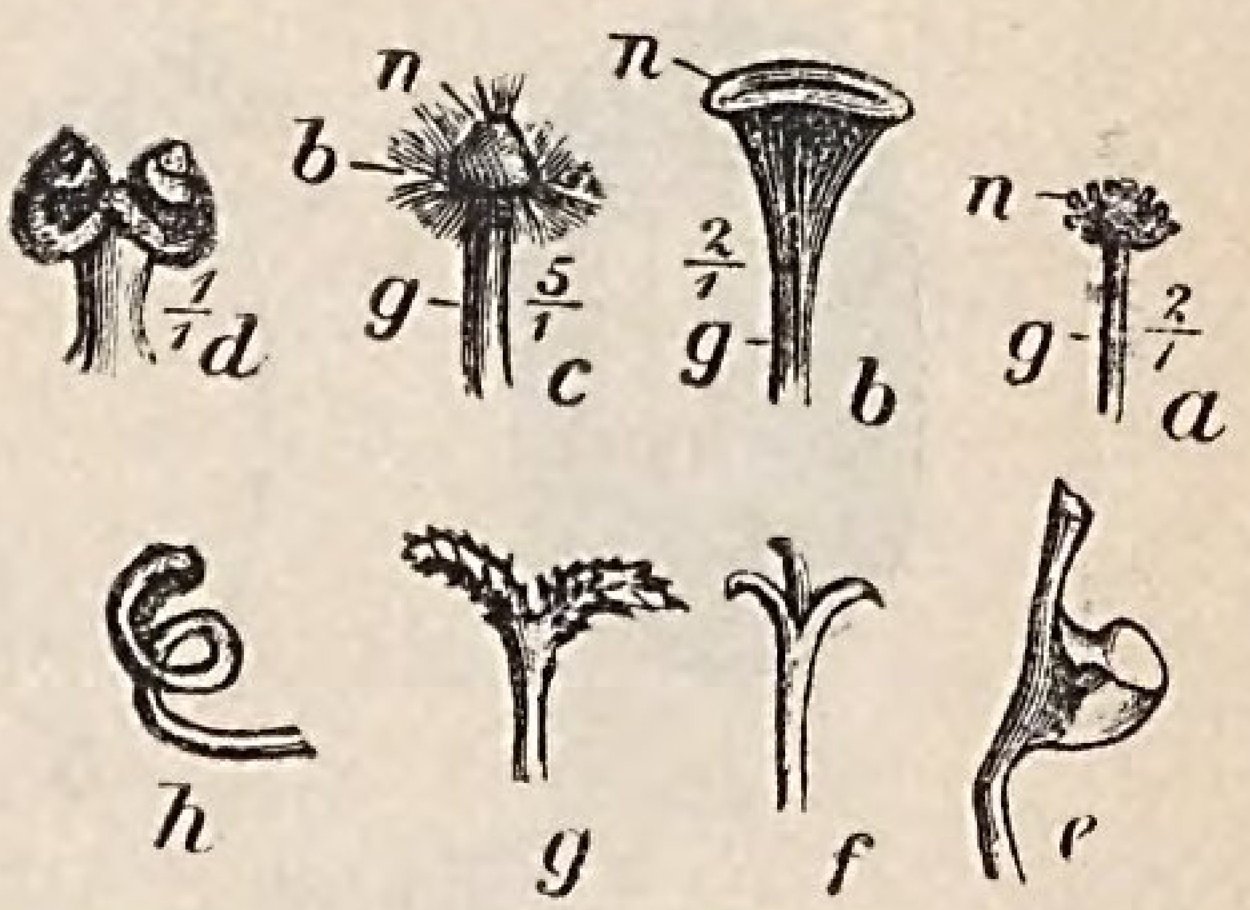


Fig. 38.
Griffel- und Narbenformen. a) Convolvulus, einfache knopfförmige Narbe mit Pollenkörnern; b) Salpiglossis, nach oben verbreiteter Griffel; c) Lobelia erinus, unter der Narbe mit Bürste (b); d) Begonia, gewundene Narbe; e) Thunbergia alata, Griffel mit Sammelbecher; f) Valeriana officinalis mit dreiteiliger Narbe; g) Scirpus, zweiteilige Narbe mit stacheliger Oberfläche; h) Sarothamnus scoparius, spiralig gerollter Griffel mit Sammelbürste am Ende; bei a, b und c bedeuten g Griffel und n Narbe.

Der Fruchtknoten erfährt die weitgehendste Umänderung.

Griffel und Narbe haben nach erfolgter Befruchtung ihre Schuldigkeit gethan, und können daher abfallen. Nur selten bildet sich der Griffel als Flugorgan aus (einige Nelkenwurzarten), bei den Storchschnabelarten bildet er einen Bohrapparat (s. unten).

Die Zahl der Früchte richtet sich natürlich nach der Zahl der Fruchtknoten. Das Fruchtgehäuse, welches bei den echten Früchten aus der Wand des Fruchtknotens hervorgeht, läßt in der Regel drei Schichten erkennen, nach deren verschiedener Ausbildung man die Früchte einteilen kann. Man unter-

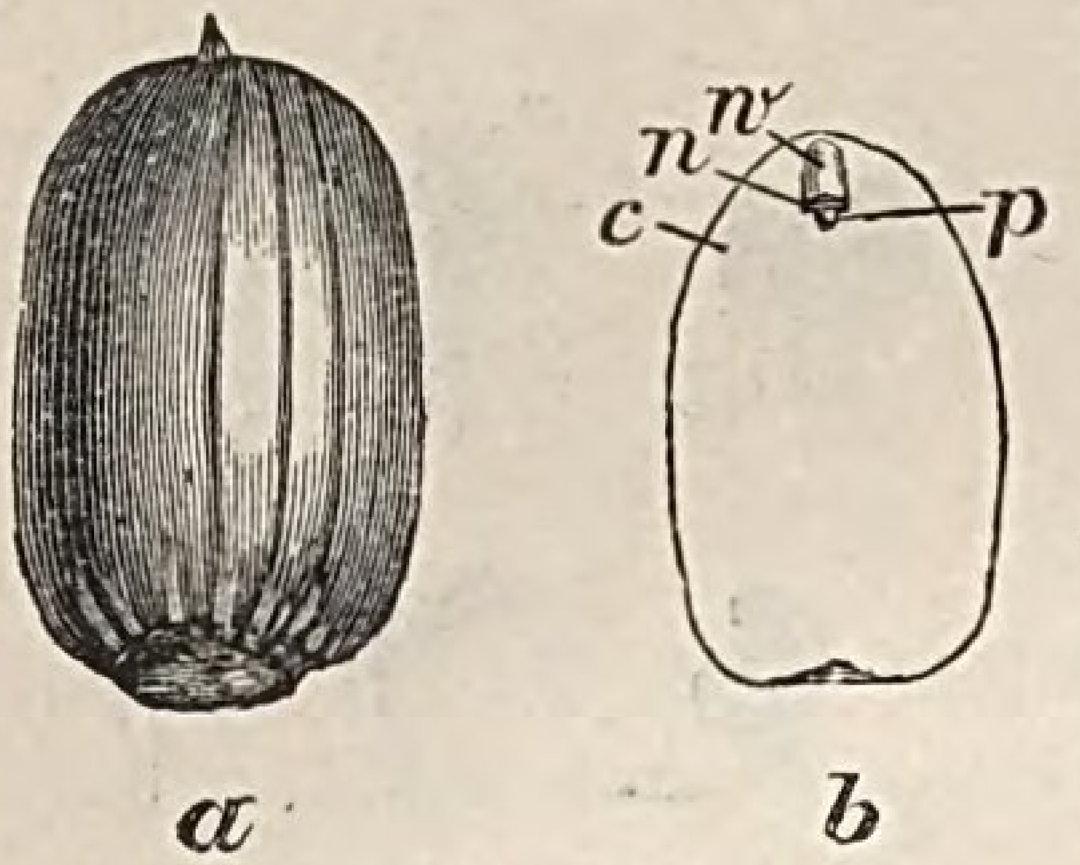


Fig. 39.
Quercus, Eiche, Frucht (Nuß). a) Ansicht, b) Längsschnitt; c Kotyledon, oben liegt der Keimling, daran w Würzelchen, p Plumula, n Narbe des zweiten Kotyledons.

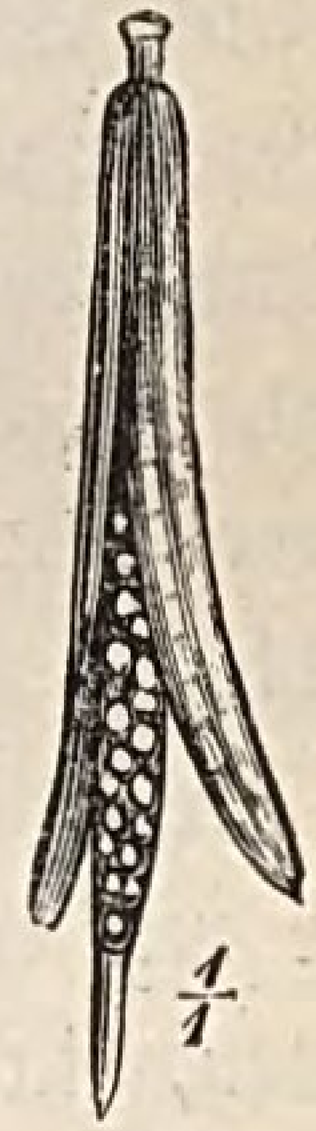


Fig. 40.
Diplotaxis tenuifolia, Rampe, Schotenfrucht.

scheidet zunächst echte Früchte und Scheinfrüchte; erstere gehen nur aus dem Fruchtknoten, letztere auch aus anderen Blütenteilen hervor. Die echten Früchte heißen Saftfrüchte, wenn ihre Wand saftig ist, Trockenfrüchte, wenn sie trockenhäutig, ledern oder holzig ist. Die letzteren wieder sind entweder Schließ-, oder Spring-, oder Spaltfrüchte. Bei den Schließfrüchten öffnet sich die Hülle erst bei der Keimung; dahin gehört z. B. die Grasfrucht (Karyopse),

bei welcher die Hülle mit dem Samen verwächst, die **Nuß** (der Eiche (Fig. 39) und Haselnuß), bei welcher die Hülle besonders hart ist, und die **Flügelfrucht** (Ahorn), bei welcher die Fruchthülle eine flügelartige Erweiterung hat. — Die **Springfrüchte** entlassen die Samen bei der Reife, indem sie an irgend einer Stelle aufspringen oder sonst Oeffnungen erhalten. Springt die Frucht an der Bauchnaht auf, so ist es eine **Balgfrucht** (Päonie), springt die Frucht in zwei Klappen ohne Scheidewand auf, so nennt man sie **Hülse** (Schmetterlingsblütler: Erbse), hat sie aber dabei eine Scheidewand, **Schote** (Fig. 40) (Kreuzblütler: Hirtentäschel). In

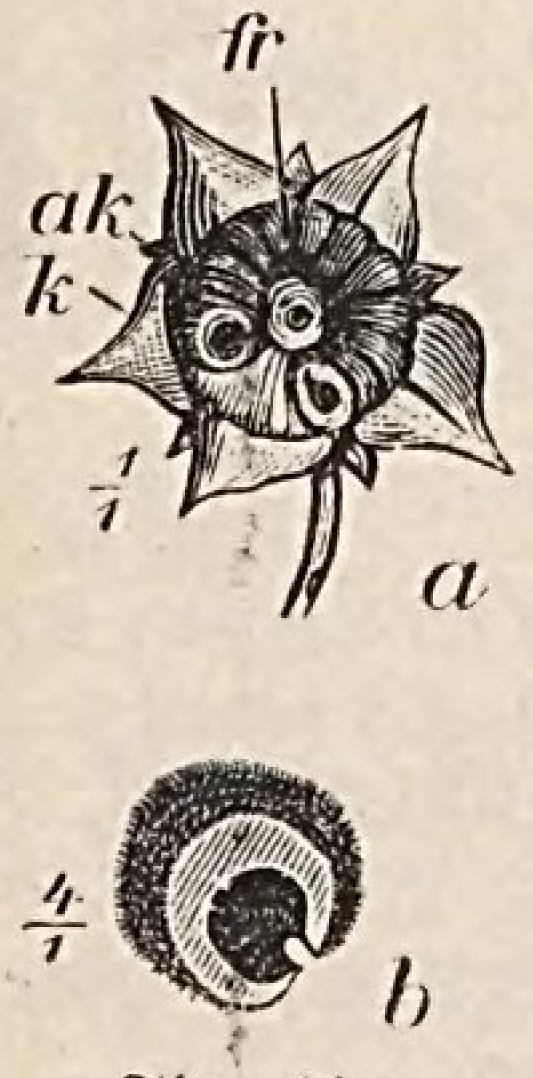


Fig. 41.
Malva rotundifolia, Malve. a) Kelch mit Spaltfrucht, b) einzelne Teilfrucht; ak Außenkelch, k Kelch, fr Früchte.

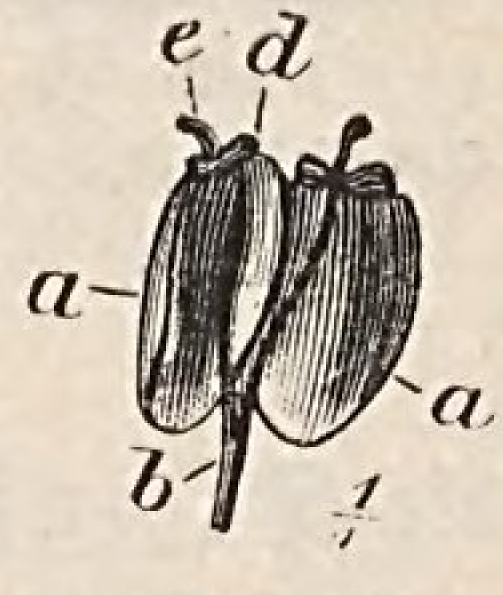


Fig. 42.
Heracleum sphondylium, Bärenklau, Spaltfrucht. a die beiden Teilfrüchte, b oben gemeinsamer Stiel der beiden Früchte, c Griffel, d Diskus.

allen andern Fällen spricht man einfach von **Kapsel**; diese kann mit Zähnen aufspringen (Kornrade), oder mit Löchern (Mohn), oder mit einem Deckel (Ackergauchheil). — Die **Spaltfrucht** (Fig. 41 und 42) teilt sich in der Reife in mehrere Teile, die an sich gewöhnlich Schließfrüchte sind (Doldenpflanzen); oft ist die Frucht schon vorher dafür gegliedert (Gliederschote des Hederich).

Die **Saftfrüchte** springen gewöhnlich nicht auf; einige Gurken platzen zur Zeit der Reife schon bei bloßer Berührung und streuen, indem sie aufspringen, ihre Samen weithin aus. Die gewöhnlichen Saftfrüchte kann man als **Stein-** und **Beerenfrüchte** unterscheiden. Bei den ersteren ist die innerste Fruchtschicht zu einem steinharten Gewebe geworden, während die beiden äußeren saftig sind (Pfirsich, Fig. 43, und

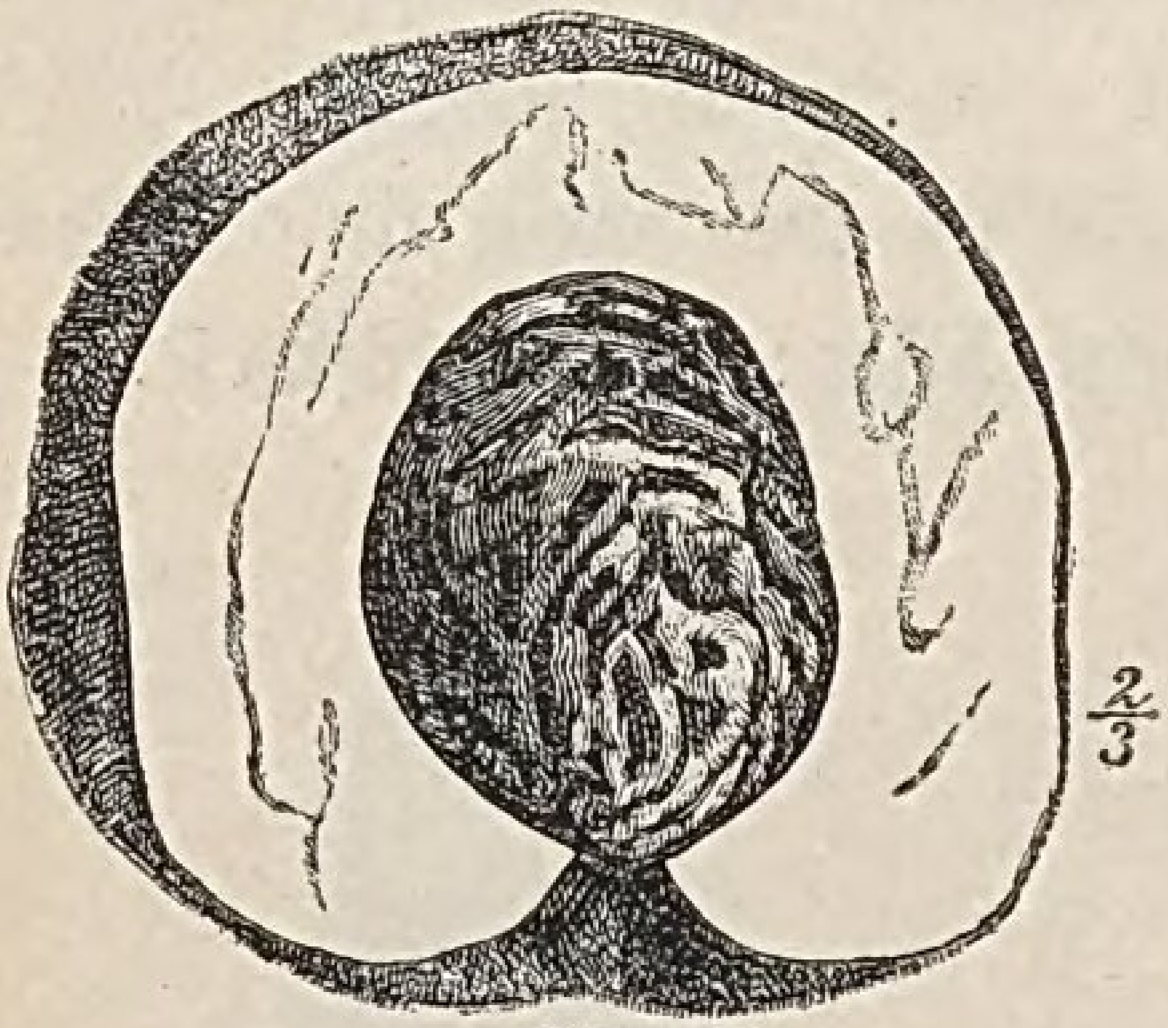


Fig. 43.
Persica vulgaris, Pfirsich, Steinfrucht.

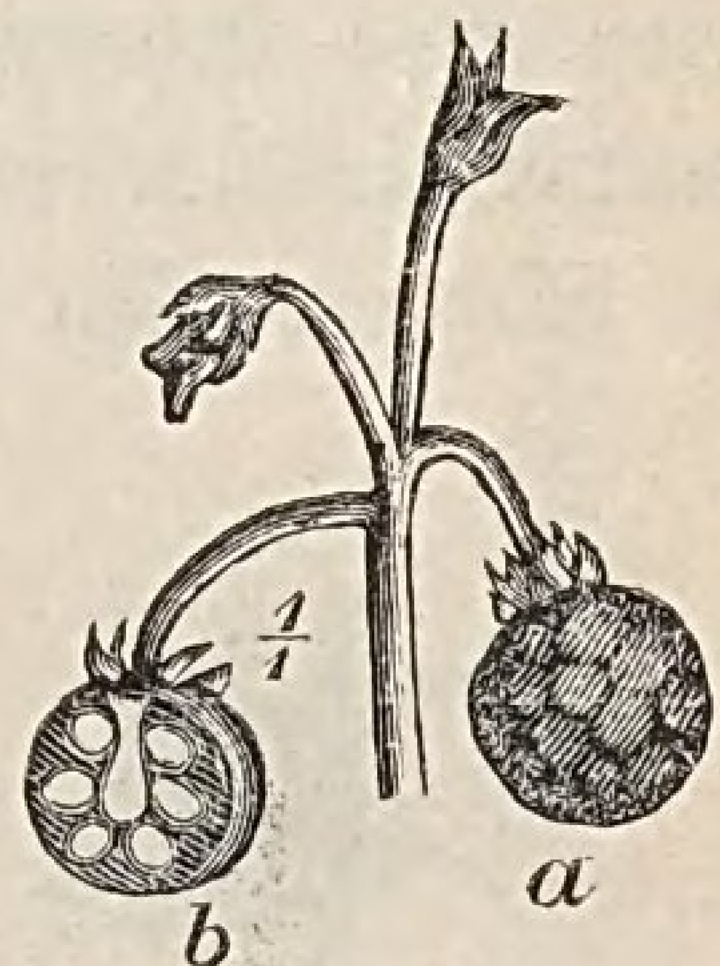


Fig. 44.
Solanum nigrum, Nachtschatten, Beere.
a Flächenansicht, b Querschnitt.

Kirsche), die **Steinfrüchte** enthalten nur je einen Samen. Die **Beerenfrüchte** haben mehrere Samen und die innere Fruchtschicht ist nicht steinhart (Johannisbeere, Heidelbeere, Nachtschatten, Fig. 44).

Wenn außer dem Fruchtknoten noch andere Blütenteile an der Fruchtbildung teilnehmen, so nennt man die Frucht, wie gesagt, eine **Scheinfrucht**. So wird z. B. bei der Erdbeere der Blütenboden fleischig, während die kleinen Früchte in diesem Fruchtfleisch eingebettet sind und mit ihren Spitzen daraus hervorsehen. Bei der Feige ist es sogar ein ganzer Blütenstand, dessen Achse fleischig wird. Bei der Apfelfrucht wird der mit den Fruchtknoten verwachsende becherförmige

Blütenboden fleischig. In diesen Fällen kann man übrigens ebenso gut von Sammelfrüchten reden, worunter man Früchte versteht, die durch Vereinigung der Früchte einer Blüte entstehen. Eine derartige Sammelfrucht ist z. B. auch die Frucht der Brombeere (Fig. 45), deren einzelne Fruchtknoten Steinfrüchtchen darstellen und die sich zusammenhängend von dem kegelförmigen Fruchtboden abheben lassen.

Die biologische Bedeutung der Frucht ist einleuchtend. Sie soll den heranwachsenden Samen schützen und, wenn er reif ist, zu seiner Verbreitung beitragen. Das erstere thut sie, indem die Wand möglichst stark wird und oft mit Stacheln und Dornen versehen ist, wodurch sie vor Angriffen von Tieren gesichert ist (Stechapfel). Vor diesen schützen sie sich auch durch bittere oder sauere oder sonstwie unangenehme Beschaffenheit der fleischigen Schicht (Wallnuß, unreife Kirschen). Bei Schließfrüchten bietet die harte, feste Schale während der kalten Jahreszeit auch einen willkommenen Schutz gegen Kälte und Nässe. Andererseits sollen die Früchte zur Verbreitung der Samen beitragen. Wenn die Samen der Mutterpflanze alle um diese herum in ihrer nächsten Umgebung ausgestreut würden, so leuchtet ein, daß sie beim Keimen und Aufwachsen sich hier gegenseitig arg hindern würden; sie werden sich Boden, Luft und Licht gegenseitig nehmen, und daher werden alle oder die meisten schwach und elend bleiben. Es muß also für die Erhaltung der Art von ganz besonderer Bedeutung sein, daß sich ihre Samen und Nachkommen möglichst weit von der Mutterpflanze entfernt ansiedeln.

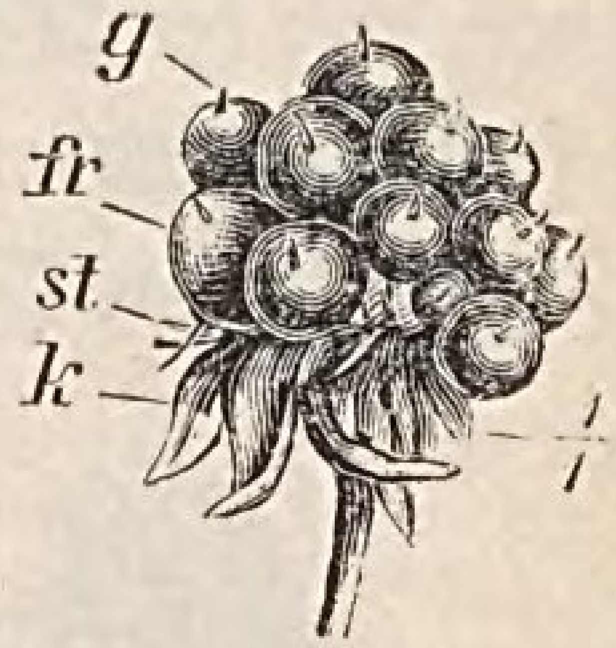


Fig. 45.
Rubus fruticosus, Brombeere, Sammelfrucht. k Kelch, st vertrocknete Staubgefäße, fr Früchte, g Griffel derselben.

Die solches bewirkenden Einrichtungen an Früchten und Samen bieten wieder ein anziehendes Bild aus dem Leben der Natur. Oft hilft sich die Pflanze hierbei selbst. Das ist bei allen Springfrüchten der Fall, besonders dann, wenn dieselben Vorrichtungen haben, die man als Schleuderwerke bezeichnen kann, weil sie durch allerhand mechanische Mittel die Samen weit fortschleudern. Das schönste und bekannteste Beispiel liefert die Pflanze Rühr-mich-nicht-an (Impatiens). Durch Trockenwerden ziehen sich bestimmte Gewebe zusammen und die Wände krümmen sich dergestalt, daß der Samen weit fortgeschleudert wird. Bemerkenswert ist das Beispiel von der Flockenblume (Fig. 46 und 47); hier öffnet sich der Hüll-

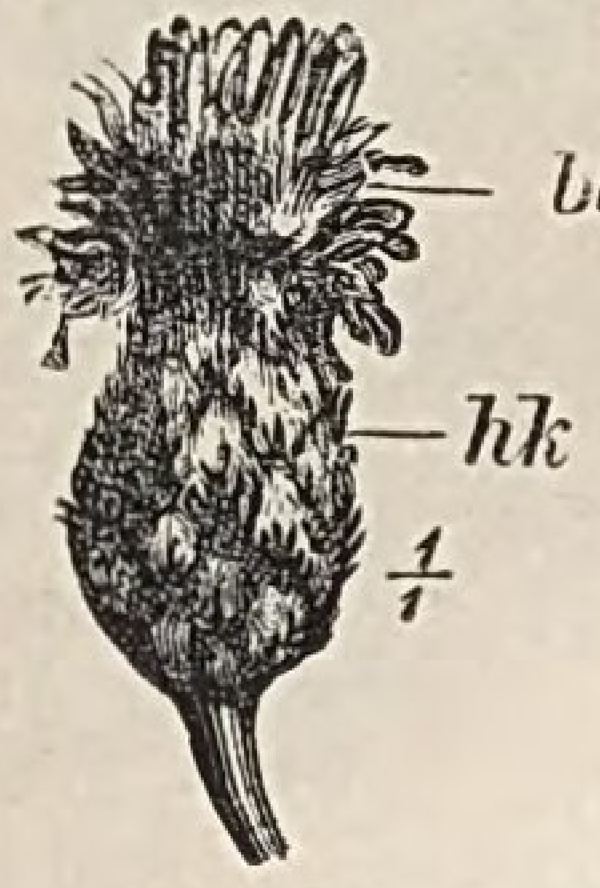


Fig. 46.
Centaurea scabiosa, Flockenblume, geschlossenes Fruchtkörbchen, hk Hüllkelchblätter, bl Blütenreste (im Innern die Früchte).

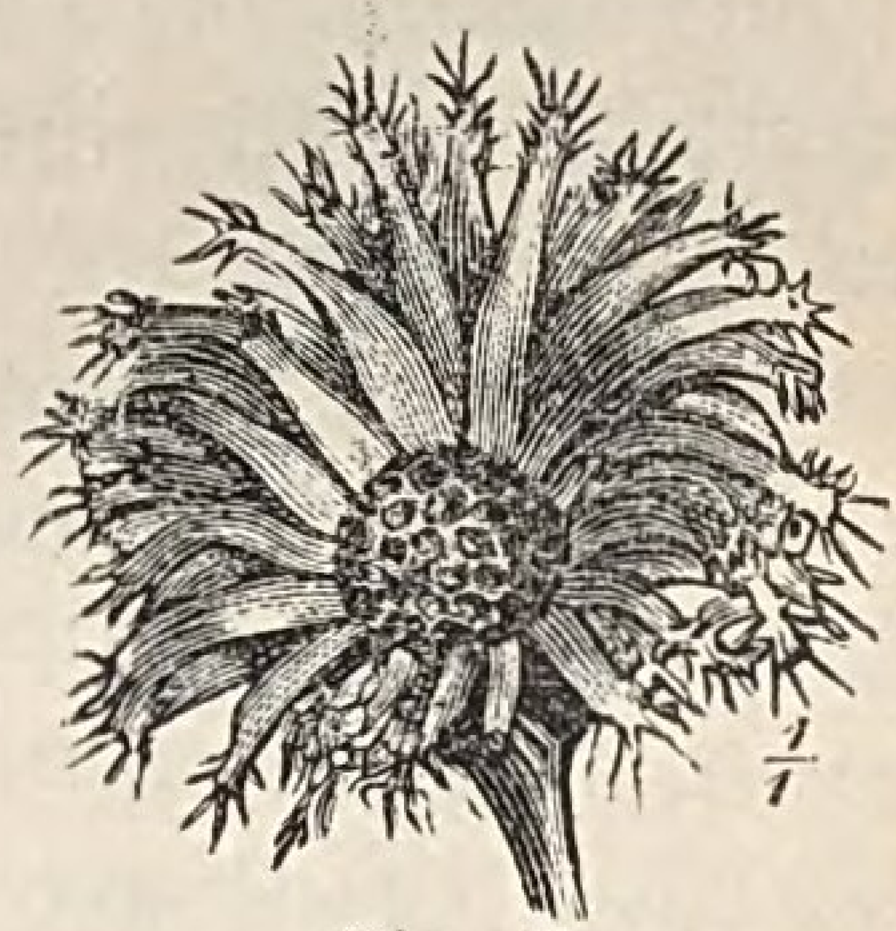


Fig. 47.
Dieselbe, geöffnetes Fruchtkörbchen, die Hüllkelchblätter sind ausgebreitet, die Früchte ausgestreut, in der Mitte sieht man den grubigen Fruchtboden.

kelch des Fruchtstandes bei trockenem Wetter und streut dann die in ihm enthaltenen Früchte aus. In anderen Fällen bedient sich die Pflanze anderer Kräfte, nämlich des Windes oder der Tiere. Oft sind die Samen so leicht, daß ein Windstoß sie aus der Kapsel entführt, besonders wenn der Same obendrein noch Flugvorrichtungen besitzt. Solche Flugorgane können sehr mannigfach sein. Es können

flügelartige Bildungen sein (Ahorn) oder Fallschirme (Kupula der Hainbuche, Haarkelch der Kompositen Fig. 48); dies sind dann aber meist Bildungen der Hochblätter oder der Blütenhülle, endlich kann das Flugvermögen auf federartiger Beschaffenheit des Griffels beruhen (Clematis).

Sehr verbreitet ist es, daß Tiere Transportmittel für die Früchte sind, wobei wieder zwei Fälle zu unterscheiden sind. Oft geschieht die Beförderung rein mechanisch, die Früchte besitzen dann allerhand Stacheln, Borsten und Widerhaken, mit denen sie sich im Fell vorüberstreifender Tiere befestigen und manchmal bis ins Fleisch einbohren (Gräser, Labkraut, Odermennig Fig. 49); manchmal besitzen die Früchte auch Klebstoffe, mit denen sie sich an Tiere heften. Besonders merkwürdig aber ist der zweite Fall, wenn nämlich die Früchte die Tiere anlocken, indem sie ihnen Genußmittel liefern, und zwar eben jene Saftfrüchte, die neben der wässrigen Flüssigkeit in ihrer saftigen Fruchtschale Zucker und aromatische Stoffe enthalten, wodurch sie sogar für die Menschen zum Lockmittel werden. Derartige Früchte werden oft von Tieren weit verschleppt und dann aufgefressen, die hartschaligen Teile dagegen werden zurückgelassen. Kleinere Früchte werden auch oft mitsamt den Samen gefressen, die dann den Verdauungskanal unbehindert durchwandern, da sie gewöhnlich mit einer harten Schale versehen sind, die den auflösenden Säften in Magen und Darm widerstehen.

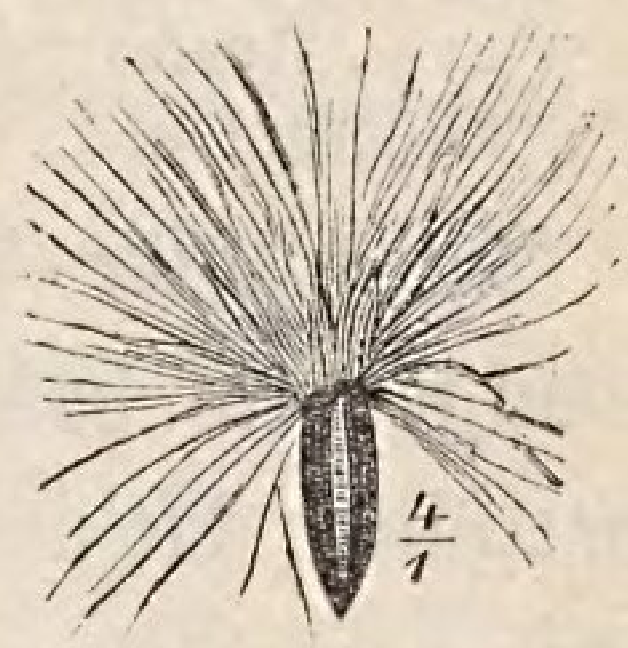


Fig. 48. Sonchus oleraceus, Saudistel mit Pappus, d. i zu Haaren ausgewachsener Kelch, Flugorgan.

Im Anschluß an das Gesagte sei noch kurz erwähnt, wie die Pflanzen oft ihre Früchte mit Vorrichtungen aus-

statten, durch die sie befähigt sind, sich in den Boden einzubohren. Manche besitzen dazu einfache Stacheln mit Widerhaken; so hält sich z. B. die Wassernuß im Schlammboden fest; andere besitzen an der Frucht eine lange hygroskopische, d. h. für die Feuchtigkeit der Luft empfindliche Borste, welche sich bei Feuchtigkeit ausdehnt, bei Trockenheit zusammenzieht und so allgemach in den Erdboden einschiebt (Storchschnabel).

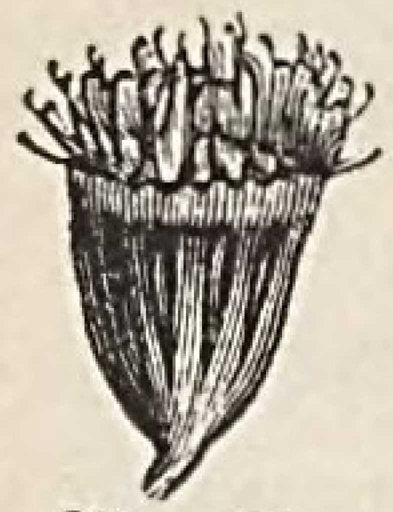


Fig: 49. Agrimonia eupatoria, Odermennig, Frucht mit Widerhaken.

Alles hier Berührte hat für den liebevollen Naturbeobachter ein hohes Interesse. Es betrifft freilich nur einige Einzelfälle; diese aber mögen zu weiteren Beobachtungen anleiten.

10. Der Same.

Wir haben schon gesehen, daß der Same infolge der Befruchtung sich aus der Samenknospe bildet. — Er besteht aus einer Schale, die aus den Hüllen der Samenknospe entsteht, und aus dem Keimling (Embryo), der aus der Eizelle im Embryosack hervorgeht; außerdem befindet sich neben dem Keimling oft noch ein Nährgewebe, welches man Sameneiweiß oder Endosperm nennt.

Der Keimling ist natürlich der wichtigste Teil des Samens. Er besteht aus einem, zwei oder mehreren Samenlappen (Kotyledonen), dem Knöspchen und dem Würzelchen. Das ganze Gebilde entsteht nach der Befruchtung aus der Eizelle, indem dieselbe sich fortgesetzt teilt und dadurch endlich jenes zusammengesetzte Pflänzchen im Kleinen bildet, welches schon alle Teile der jungen Pflanze an sich erkennen läßt.

Die Samenschale richtet sich in ihrer Ausbildung nach dem, was sie zu leisten hat. Wenn die Frucht eine starke und bleibende Hülle hat, so ist die Samenschale nicht unnötiger Weise auch noch stark, sondern dünn und häutig, wie bei der Eichel und Walnuß. Bei Spring- und Saftfrüchten dagegen bedarf der Keimling nach Verlassen der Frucht eines weiteren Schutzes, den ihm dann eine festgebaute, lederige (Bohne) oder steinharte (Wein) Schale angedeihen läßt. Eine besondere Eigenart zeigen die Samen des Leins und anderer Pflanzen, indem die äußeren Zellen derselben beim Feuchtwerden verschleimen. Nicht selten besitzen nicht die Früchte, sondern die Samen Vorrichtungen zum Fliegen, bei der Kiefer in Gestalt von flügelartigen Anhängen, bei den Weidearten und dem Windröschen als Haarschopf. Ja, auch an Genußmitteln fehlt es am Samen nicht gänzlich; man kann dahin wohl den Arillus rechnen, d. h. einen fleischigen Mantel, welcher den Samen von unten her umwächst und umgiebt (Eibe, Muskatnuß).

Für die Systematik ist das Vorhandensein und Fehlen des Sameneiweißes besonders wichtig; nicht weniger für die Biologie. Wir haben schon gesehen, daß die Samenlappen gewöhnlich reich an Reservestoffen, vor allem an Stärke, sind und daß diese dann zur Ernährung der jungen Pflanze dienen. Auch sahen wir schon, daß in anderen Fällen die Samenlappen von dem Eiweiß vertreten werden. Dieses Sameneiweiß ist ein Parenchymgewebe, welches Protoplasma, Oel oder Stärke enthält und den Raum zwischen Keimling und Samenschale ausfüllt; es entsteht gewöhnlich aus dem Embryosack, seltener nehmen noch andere Zellen des Knospenkerns an seiner Bildung teil. Nach seiner Beschaffenheit nennt man es mehlig, ölig, fleischig oder hornartig.

Der **Keimling** liegt entweder mitten im Sameneiweiß oder nicht; auch an seiner Außenseite kann er liegen. Er ist gerade oder gekrümmt. Die Beschaffenheit seiner Teile haben wir schon erörtert; auch von ihrer Bedeutung redeten wir schon.

III. Vom Leben der Pflanze.

Die Pflanze ist an die Scholle gebunden, sagt man; sie klammert sich mit ihren Wurzeln an der Unterlage fest und sendet ihren Stengel samt Blättern und Blüten dem Licht und der Luft entgegen. Läßt man ein Pflänzlein ungestört sein Leben abwickeln, so erkennt man, daß es aus gar kleinen Anfängen beginnt; dann wächst es wie von unsichtbarer Hand gepflegt, entwickelt sich mehr und mehr zu einem selbständigen Wesen und bildet Blüten, in deren geheimnisvollen Schoß ein oder viele neue Wesen derselben Art als im Verhältnis zur erwachsenen Pflanze winzige Samen entstehen.

Das Leben der Pflanze zeigt also vor allem zwei wesentliche Vorgänge: **Wachstum und Entwicklung** einerseits und **Fortpflanzung** andererseits. Fragen wir uns aber, wie denn beides ermöglicht wird, so müssen wir als den eigentlichen Grundvorgang alles Pflanzenlebens die **Ernährung** auffassen.

1. Die Ernährung.

Die Ernährung der Pflanzen (wir sprechen dabei von den selbständigen Pflanzen, nicht von Parasiten) ist eine wesentlich andere als bei den Tieren. Sie zeichnet sich dadurch

aus, daß bei ihr aus den Stoffen, welche die leblose Außenwelt der Pflanze bietet, in ihrem Innern Stoffe gebraut werden, welche denjenigen ähnlich sind, die den Pflanzenleib zusammensetzen; daher heißt dieser Vorgang Aehnlichmachung oder Assimilation. Ist dieser Vorgang so etwas Außergewöhnliches, so werden auch die Mittel außergewöhnlich, d. h. anders als bei dem Tier sein; die Nahrung selbst ist anders geartet und also auch die Aufnahme und die Organe der Verarbeitung.

a. Die Nahrungsmittel.

Von unserm Standpunkt aus ist die Pflanze äußerst genügsam; denn sie ist zufrieden, wenn ihr die Luft Kohlensäure und der Erdboden Wasser liefert. Das Regenwasser, welches durch die Erde sickert, nimmt aber aus ihr mancherlei lösliche Salze auf und bringt sie mit in die Pflanze, und damit ist deren Küchenzettel so ziemlich erschöpft. Untersuchen wir aber die Nahrungsbedürfnisse der Pflanzen etwas näher, so erkennen wir, daß sie doch ganz bestimmte chemische Grundstoffe nötig hat, dieselben natürlich, die ihren Körper zusammensetzen. Da nun aber die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Pflanzen eine durchaus verschiedene, für jede Art aber eigentümliche ist, so läßt sich von vornherein annehmen, daß auch die Ansprüche, welche die verschiedenen Pflanzen an den Boden stellen, verschieden sein werden; das bezieht sich in erster Linie auf die Art und Menge der mit dem Wasser aufgenommenen Salze, während alle Pflanzen Wasser selbst und Kohlensäure in gleicher Weise nötig haben.

Die chemischen Grundstoffe, welche den Pflanzenkörper aufbauen, sind vor allem: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff; dazu kommen noch Schwefel und Phosphor, sowie einige Metalle: Kalium, Calcium, Magnesium

und Eisen; sehr weit verbreitet ist endlich Silicium. Welche Rolle diese Grundstoffe in der Pflanze spielen, ist noch keineswegs für alle festgestellt; Silicium ist jedenfalls nicht von sehr großer Bedeutung; die anderen dürfen nicht fehlen.

Fragen wir uns, woher nun die Pflanze diese Grundstoffe bezieht, so ist die Herkunft der drei ersten sehr klar: Kohlensäure besteht aus Kohlenstoff und Sauerstoff, Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff. Stickstoff ist in einem Salz, dem Salpeter, weit verbreitet und kommt außerdem in großen Mengen in der Luft vor ($^4/_5$ der Luft). Versuche haben aber festgestellt, daß dieser Stickstoff der Luft für die meisten Pflanzen mit Ausnahme der Leguminosen eine verschlossene Quelle ist. Die genannten Metalle, sowie Schwefel und Phosphor kommen in Form von Salzen in die Pflanzen, besonders als salpetersaure, schwefelsaure und phosphorsaure Salze.

Daß wirklich nur diese Salze nebst Wasser und Kohlensäure der Luft zur Ernährung der Pflanzen nötig sind, aber auch genügen, das zeigen sogenannte Wasserkulturen, die jeder leicht selbst machen kann: man läßt Samen von Mais oder Erbsen oder Bohnen in sorgsam gereinigten, feuchten Sägespänen keimen und setzt sie, wenn ihre Wurzeln einigermaßen kräftig, d. h. 3—4 cm lang sind, wohl gereinigt mittelst eines durchbohrten Korks in einen Cylinder mit einer Nährlösung, die man sich durch Auflösung von 1 Gr. salpetersaurem Kali und je $^1/_2$ Gr. schwefelsaurem Kalk, schwefelsaurer Magnesia und phosphorsaurem Kalk in 1 Liter dest. Wasser herstellt. Bringt man diese Vorrichtung, die man vorteilhaft mit einer dunkeln Papphülse umgiebt (damit sich am Glas keine Algen ansetzen), ins Sonnenlicht, so gedeiht die Pflanze vortrefflich, bis sie nach einiger Zeit gelbliche Blätter bekommt; ein sehr geringer Zusatz einer Eisensalzlösung macht die Blätter wieder normal.

Wenn der Boden die genannten Stoffe nicht enthält, so kann die Pflanze nicht gedeihen; daraus erklärt sich vieles in der Verteilung der Pflanzen. Auch haben manche Pflanzen von diesem oder jenem Stoff mehr nötig als andere; so giebt es z. B. Pflanzen, die ein besonderes Bedürfnis nach Kochsalz haben und daher gern an Küsten nnd in der Nähe von Salinen wachsen. — Bietet ein Boden einer anzubauenden Pflanze nicht genügend Salze, so müssen ihm diese zugeführt werden, was der Landwirt mit dem Dünger thut.

b) Die Ernährungsorgane und die Nahrungsaufnahme.

Es muß dem Unbefangenen rätselhaft erscheinen, wie die Pflanze ihre Nahrung aufnimmt. Denn er sieht keinerlei Oeffnungen an ihr wie beim Tiere.

Was für Organe der Pflanze umspült denn nun die Luft und das Wasser der Erde? Die Pflanze streckt ihre Blätter in die Luft und ihre Wurzeln senkt sie in das feuchte Erdreich. Beide stellen in der That ihre Ernährungsorgane dar, oder richtiger: die Organe zur Aufnahme der Nahrung. Die Blätter besitzen, wie wir schon sahen, sogenannte Spaltöffnungen, durch welche die Luft samt der Kohlensäure in das Innere des Blattes tritt. Die Wurzeln besitzen an ihren Spitzen sehr feine Schläuche, die uns schon bekannten Wurzelhaare, die, ohne eine Oeffnung zu besitzen, das Wasser aus der Erde aufsaugen. Dabei ist es auffallend, daß dies noch vor sich geht, auch wenn unser Auge und Gefühl gar kein Wasser mehr im Boden erkennen kann, was zum guten Teil daher kommt, daß diese feinen Haare mit den Sandkörnchen des Bodens geradezu verwachsen: wenn man ein junges Pflänzchen aus dem Boden heraus zieht, so erscheinen seine Wurzeln wie mit einem Mantel von Erde umgeben.

Nach dem Diffusionsgesetze aber vermag Wasser mit den in ihm gelösten Salzen durch eine tierische oder pflanzliche Haut hindurch zu treten.

Die Wurzeln sind nun aber nur die Aufnahmeorgane des Wassers; seine Verbrauchsorte hingegen sind hoch oben im Licht die Blätter und die Stellen, wo die Pflanze wächst; dorthin muß es also geleitet werden. Die zweite wichtige, mit der Ernährung eng zusammenhängende Frage ist also die nach der Leitung des Wassers.

Wir haben schon erörtert, daß die Pflanze von Gefäßbündeln durchzogen ist und daß diese die Leitbahnen für Wasser und andere Stoffe darstellen, und zwar sind es die verholzten Zellwände, welche die eigentümliche Eigenschaft besitzen, das Wasser schnell in sich fortzuleiten; das übrige Gewebe ist zwar auch zur Aufnahme und Leitung des Wassers befähigt, allein nie in dem Grade wie die verholzten Zellen. — Die Frage, durch welche Kräfte das Wasser in der Pflanze gehoben wird, ist nun aber noch nicht endgültig gelöst. Man hat die Kapillarität herangezogen und gewiß wirken auch die feinen Gefäße wie Haarröhrchen; allein das Wasser wird ja mehr in den Wänden geleitet. Auch weiß man, daß die Saughaare an den Wurzeln das Wasser ihrer Umgebung mit großer Kraft aufsaugen und daß das Wasser dann in die Höhe getrieben wird, so daß es an einer Schnittfläche des Stammes hervorquillt; man nennt dies Wurzeldruck. Allein auch diese Kraft vermag das Aufsteigen des Wassers nicht völlig zu erklären.

Noch eine andere Erscheinung steht offenbar in wichtigem Zusammenhang mit der Wasserleitung, das ist die Wasserverdunstung oder Transpiration. Die Blätter geben fortwährend an ihrer Oberfläche dampfförmiges Wasser ab,

wodurch die Lösung der verschiedenen Stoffe in den Pflanzenzellen konzentrierter wird. Da nun aber zwischen benachbarten Zellen das Bestreben herrscht, das Gleichgewicht im Grade der Konzentration ihres Zellsaftes wieder herzustellen, so geht daraus hervor, daß von Zelle zu Zelle eine Wasserwanderung stattfinden muß, die endlich am untern Ende der Pflanze eine Wasseraufnahme aus dem Boden veranlaßt; ein völliges Gleichgewicht aber wird dadurch nicht hergestellt, weil ja durch die Transpiration sofort wieder Wasser abgegeben wird.

Wir haben gesehen, daß man in dem Grundgewebe des Blattes zwei Schichten erkennen kann, die Pallisadenschicht und das Schwammparenchym. Die Pallisadenschicht ist das Ernährungsgewebe, das Schwammparenchym ein Transpirationsgewebe, das ein weites System von Luftkanälen darstellt und in direkter Verbindung mit der Atemhöhle steht, dem Raum unter den Spaltöffnungen, die auf der Seite des Schwammparenchyms und nicht etwa des Pallisadenparenchyms liegen. Der Mechanismus ist nun einfach: wenn das Kanalsystem des Schwammparenchyms mit Wasserdampf aus den umgebenden Zellen angefüllt ist, so wird er durch die nun sich erweiternde Spaltöffnung herausgelassen; ist dagegen kein Ueberfluß an Wasserdampf vorhanden, so schließen sich die Spaltöffnungszellen. Transpiration und Wurzeldruck werden sich nun entgegenkommen und gemeinsam den aufsteigenden Strom des mit Nährsalzen versehenen Wassers veranlassen. Es muß aber auch zu Zeiten der Wurzeldruck allein genügen, um den Strom zu veranlassen, so z. B. im Frühjahr, wenn noch keine ausdünstenden Blätter vorhanden sind. Thatsächlich ist dann der Saftstrom auch ein besonders kräftiger. — Nach dem Gesagten ist nun aber auch die sonst recht auffällige Thatsache klar, daß die Pflanze so

viel Wasser aufnimmt und wieder abgiebt. Das Wasser ist nämlich zum großen Teil lediglich das Fuhrwerk für die Salze, welche die Pflanze notwendiger Weise aus dem Boden aufnehmen soll, deren sie sich aber auf andere Weise nicht bemächtigen könnte.

Mit der Transpirationserscheinung sind nun noch manche andere Nebenerscheinungen verbunden, die des Interessanten gar vieles bieten. So ist z. B. schon bei der Besprechung des inneren Baues der Pflanzen darauf hingewiesen worden, wie ängstlich die Bahn des Wasserstroms seitlich isoliert ist, sei es durch Verkorkung der äußeren Oberhautmembran oder der Korkzellen oder durch einen Wachsüberzug oder dadurch, daß die Schließzellen der Spaltöffnung tief in einer Grube liegen. — Ein ganz außerordentlich interessantes Gebiet bilden die Vorkehrungen zur Verhütung der übermäßigen Transpiration. Einige Beispiele mögen darauf hinweisen. Da gedenken wir des Haarkleides mancher Blätter, besonders an Pflanzen, die an trockenen Standorten leben, in Steppen und Wüsten. Da erinnern wir ferner an die Sukkulenten oder Fettpflanzen, bei denen Verhütung zu starker Transpiration und Wasserspeicherung zu gleicher Zeit so schön durchgeführt ist. Da sind die Rutengewächse, deren rutenförmige grüne Zweige eine bemerkenswerte Reduktion der Blätter offenbaren und dabei selbst die Assimilation übernehmen (unsere Ginsterarten, Besenstrauch). — Sehr interessant ist in dieser Hinsicht auch die Stellung der Blätter. Es giebt Pflanzen, deren Blätter sich parallel zu den Strahlen der Sonne stellen und dadurch einer zu starken Transpiration entgegenarbeiten; ja, das kann so weit gehen, daß die Blätter ihre Lage zu Zeiten je nach Bedarf ändern.

In dem Vorstehenden ist die Aufnahme von Wasser nebst

Nährsalzen erörtert; es erübrigt noch, von der Aufnahme der anderen Elemente, also vor allem des Stickstoffs und des Kohlenstoffs, zu sprechen. Der Stickstoff gelangt meistens in Gestalt von salpetersauren Salzen mit dem Wasser in die Pflanze. Es erscheint verwunderlich, daß der freie Stickstoff der Luft, der doch in großen Mengen vorhanden ist, von den Pflanzen verschmäht wird. Man kennt allerdings schon lange einige Pflanzen, die Hülsenfrüchtler oder Leguminosen, welche auf einem ungedüngten, stickstofffreien Boden gedeihen. Aber erst in den letzten Jahren hat man die Beobachtung gemacht, daß die hiebei offenbar zu tage tretende Fähigkeit der Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffs ihren Grund in einer sonderbaren Genossenschaft dieser Pflanzen mit Bakterien hat. Jene Leguminosen haben an den Wurzeln kleine Knollen, und in diesen sitzen in einem parenchymatischen Gewebe unzählige Bakterien; man nimmt jetzt an, daß diese Wesen in irgend einer Weise die Ausnutzung und Zuführung des Stickstoffs der Luft bewirken.

Der Kohlenstoff, den die Pflanzen brauchen, stammt einzig und allein aus der Luft, in welcher er in Gestalt von Kohlensäure in geringem Prozentsatz vorhanden ist, in die er aber auch immer wieder durch die Atmung von Menschen und Tieren kommt.

Forschen wir nun weiter nach dem Ernährungsvorgang der Pflanzen, so ist folgender Versuch von großer Bedeutung. Wenn man in kohlensäurehaltiges Wasser einige Wasserpflanzen bringt, und das Gefäß in die Sonne stellt, so sieht man bald von den Pflanzen, besonders den Stengelschnittflächen, kleine Gasbläschen aufsteigen, die sich bei näherer Untersuchung als Sauerstoff erweisen; durch einen geeigneten Versuch läßt sich diese Sauerstoffabscheidung auch bei Land-

pflanzen beobachten. Die Pflanzen nehmen also Kohlensäure auf und scheiden Sauerstoff aus.

Aus vielfachen Versuchen geht ferner hervor, daß dies nur die grünen Pflanzen vermögen, nicht aber die Parasiten (z. B. Pilze). Das Blattgrün muß demnach die eigentliche Stätte der Assimilation sein. Aber mit dem Blattgrün allein ist es nicht gethan; es kommt noch ein mächtiger Faktor hinzu, um die Assimilation zu ermöglichen: das ist das Licht. Zahlreiche Beobachtungen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das Licht einen großen Einfluß auf die Assimilation ausübt, ja daß durch andauernde Lichtentziehung Krankheit und Tod der Pflanze hervorgerufen werden können. Das Licht hat Einfluß sowohl auf die Bildung als auch auf die Thätigkeit des Chlorophylls. Wenn man Pflanzen im Keller wachsen läßt, so bleiben sie bleich und bilden lange, dünne Triebe; sie werden geil, wie man sagt.

Die weitere hochwichtige Frage ist nun, wie denn im Innern der Zelle die Assimilation vor sich geht. — Wir sind darüber durchaus noch nicht völlig aufgeklärt, wissen aber, daß dieser Vorgang in einer Zersetzung von Kohlensäure und Wasser besteht, wobei eben Sauerstoff ausgeschieden wird. Die andere Frage, was denn nun dabei entsteht, ist ungleich schwieriger zu beantworten. Nur so viel wissen wir, daß eines der ersten Assimilationsprodukte Stärke ist, was man mikroskopisch feststellen kann: man sieht in den Blattgrünkörnern kleinere Stärkemehlkörnchen auftauchen. Aber auch durch einen andern einfachen Versuch läßt es sich erkennen. Durch Jodlösung wird Stärke blaugefärbt. Wenn man nun ein noch am Stengel befindliches Blatt zum Teil mit Stanniol bedeckt und es nach einigen Stunden vom Stengel trennt und in kochendes Wasser und dann in heißen Alkohol bringt,

so lösen diese beiden Flüssigkeiten viele Stoffe, besonders das Blattgrün, in dem Blatte auf, so daß es bleich wird. Legt man das Blatt nunmehr in Jodlösung, so wird es an den nicht vom Stanniol bedeckten Stellen blau; es ist also hier, wo die Sonnenstrahlen frei wirken konnten, Stärke entstanden, an den bedeckten Stellen aber nicht.

c) Der Stoffwechsel.

Wenn auch die Stärke nicht der erste in der Assimilationszelle entstehende Körper ist, so kann man sie doch als die Grundlage fast aller anderen Pflanzenstoffe ansehen. Diese gehen also aus Stärke, oft unter Mitbenutzung anderer Stoffe hervor. Das sind in erster Linie die anderen Kohlehydrate wie Zucker und Cellulose. Da sie dieselbe oder doch ähnliche chemische Zusammensetzung haben wieStärke, so ist ihre Entstehung aus dieser leicht denkbar. Aber auch für die zweite wichtige Gruppe von Pflanzenstoffen, die Fette, ist ein derartiger Zusammenhang erweisbar, und ebenso auch für die Eiweißstoffe. Diese drei Stoffgruppen genügen vollständig zum Aufbau aller Pflanzenorgane, wie ihr Vorhandensein in Reservestoffbehältern beweist. Die in den Assimilationsstätten entstandenen Stoffe wandern in die Teile des Pflanzenkörpers, wo Neubildung stattfindet, also vor allem nach den Vegetationspunkten und zur werdenden Frucht, wo alles, was gebildet ist, verbraucht wird. Allein mit der steigenden Jahreszeit nehmen die Neubildungen ab, und es muß daher, da die Assimilationsthätigkeit noch andauert, Stoff entstehen, der nicht sofort verbraucht wird und der sich daher in allerhand Reservestoffbehältern ansammelt.

Die in den Reservestoffbehältern aufgespeicherten Baustoffe befinden sich in einem ruhenden, passiven Zustand und sind oft im Zellsaft unlöslich; sollen sie Verwendung als

Baumaterial finden und zu den Baustätten wandern, so müssen sie in einen anderen, aktiven Zustand übergeführt werden. Dies geschieht durch sogenannte Enzyme, Stoffe, die trotz ihrer kleinen Menge große Massen von Reservestoffen umwandeln können, so z. B. die bekannte Diastase, das Enzym, welches in der keimenden Gerste die Stärke in Zucker umwandelt; zu den Eiweiß lösenden Enzymen müssen z. B. auch die Stoffe gehören, welche bei den insektenfressenden Pflanzen die „Verdauung" der organischen Nahrung bewirken.

Was die Leitungsbahnen für diese Baustoffe anbelangt, so wandern die Eiweißstoffe in den Siebröhrenteilen, die anderen im Parenchym. Die Kraft, welche diese Wanderung veranlaßt, ist offenbar in dem Wachstum an den Neubildungsstätten zu suchen. Es findet dort ein starker Verbrauch an Stoffen statt, so daß die noch vorhandenen Stoffe angezogen werden.

Die zuletzt erörterten wichtigen Vorgänge lassen sich unter dem Begriff des Stoffwechsels zusammenfassen, der die Grundlage des gesamten Pflanzenlebens bildet.

Es sei hier noch einmal kurz darauf hingewiesen, daß nicht alle Pflanzen die eben beschriebene regelrechte Assimilation zeigen; denn letztere ist ja an das Blattgrün gebunden, und dieses fehlt manchen Pflanzen. Es sind das die weitverbreiteten Gruppen der Fäulnisbewohner (Saprophiten) und Schmarotzer (Parasiten), sowie z. T. der insektenfressenden Pflanzen, bei denen übrigens doch noch Assimilation stattfindet, so daß die andere Ernährungsweise nur eine Aushilfe ist. Diese zweite Art der Ernährung besteht darin, daß die Pflanze ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff nicht in Gestalt von Kohlensäure und Salzen deckt, sondern durch Aufnahme von organischen Stoffen aus

ihrer Umgebung, seien es nun tote, in Fäulnis übergehende oder lebende Wesen.

d) Die Atmung.

Mit den vorstehenden Erörterungen ist der Ernährungsvorgang noch nicht erschöpft. Es ist zur Erhaltung der allgemeinen Lebensbewegung in der Pflanze noch eine gewisse Anregung nötig und diese geht von einem Vorgang aus, welcher bei der Pflanze zwar nicht die Ausdehnung wie beim Tiere annimmt, aber doch auch bei ihr nicht fehlen darf. Das ist die Atmung. Man versteht darunter die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure, d. h. also einen der Assimilation gerade entgegengesetzten Vorgang. Während diese ein sogenannter Reduktionsprozeß ist, bei dem Sauerstoff frei wird, ist jener eine Verbrennung oder Oxydation. Der von außen aufgenommene Sauerstoff verbrennt in dem Gewebe der Pflanze einen Teil des organischen Stoffes, wobei Kohlensäure entsteht, welche die Pflanze gleich dem Tier ausatmet.

Die Bedeutung dieses Vorgangs ist einleuchtend: die Verbrennung ist stets mit einer Stoffverminderung verbunden; dadurch aber wird das innere chemische Gleichgewicht der Pflanze gestört, und weil sie bestrebt ist, es wieder herzustellen, ist dies eine Anregung zur Neubildung organischen Stoffes und daher ein wichtiger Faktor für die Lebensbewegung der Pflanze. Ohne die Atmung findet ein Stillstand im Stoffwechsel statt, der allgemach tötlich wirken kann.

Da Atmung und Assimilation entgegengesetzte Vorgänge sind, so liegt auf der Hand, daß ihre Bedingungen auch nicht die gleichen zu sein brauchen. Thatsächlich findet daher auch die Atmung vor allem bei Lichtabschluß statt; allein es ist

doch nicht so, daß sie an Dunkelheit der Umgebung gebunden wäre, vielmehr findet sie auch im Lichte statt. Die Assimilation bei Tage und im Licht ist aber so bedeutend, daß viel mehr Neubildung stattfindet als Verbrennung, so daß also bei Tag die Assimilation die Atmung überwiegt. Dagegen werden Gewebe, welche kein Blattgrün enthalten, also Blüten und Knospen und keimende Samen, lediglich atmen. Selbstverständlich wird die Atmung bei Schmarotzern u. s. w. ganz besonders deutlich zu beobachten sein; denn sie entsprechen ja physiologisch vollständig den Tieren.

Jede Verbrennung ist, wie die tägliche Erfahrung lehrt, mit einer Wärmeentwicklung verbunden. Auch bei der Verbrennung der organischen Stoffe wird Wärme frei, wie sich dies beim Tiere zeigt. Dagegen macht es sich bei der Pflanze weniger bemerkbar; die Atmung ist ja hier zumeist von der Assimilation verdeckt; ferner teilt sich die entstehende Wärme schnell den großen Wassermassen in den Geweben mit und endlich bietet die große Flächenausdehnung am Pflanzenkörper viel Gelegenheit zur Wärmeausstrahlung. Nichtsdestoweniger läßt sich an stark atmenden Pflanzenteilen eine Selbsterwärmung durch geeignete Vorkehrungen feststellen, besonders bei keimenden Samen und sich öffnenden Blütenknospen. Ist der Grad der Wärmeentwicklung auch gering, so beobachtete man doch z. B. bei den Blütenkolben des italienischen Aronsstabes eine Selbsterwärmung bis zu 40, ja 44° Celsius, einer Temperatur, welche die des menschlichen Blutes noch übertrifft. Hierin gehört auch die wunderbare Erscheinung, daß am Rand der Firnfelder manche Alpenpflanzen (z. B. Soldanellen) ihre Blüten durch den Schnee bohren, indem die in den Blütenknospen sich entwickelnde Wärme den Schnee zum Schmelzen bringt.

Schließlich sei noch angeführt, daß auch das Leuchten mancher Pilzgewebe auf Rechnung der Atmung zu setzen ist (Phosphorescenz). An Stelle der Wärmeentwicklung tritt hier die Entwicklung von Licht. Beim sogenannten leuchtenden Holz leuchtet nicht das Holz, sondern das Pilzgewebe, von dem das Holz durchwuchert ist.

2. Das Wachstum.

Die nächste Folge der Ernährung ist das Wachstum; denn die durch die überwiegende Assimilation erzeugte Menge von Baustoffen ersetzt nicht nur die in der Atmung verbrannten Teile des Pflanzenkörpers, sondern es wird noch eine ganze Menge erübrigt, welche nun besonders in der Höhe der Vegetationsperiode zur Bildung neuer Pflanzensubstanz verwendet wird, wodurch eine Vergrößerung und Gestaltveränderung der Pflanze, d. h. deren Wachstum, bewirkt wird.

Man kann jedoch nicht jede Vergrößerung des Pflanzenkörpers als Wachstum bezeichnen; vielmehr ist nötig, daß die Vergrößerung eine bleibende ist. Wenn manche getrocknete Pflanzen (Algen) in Wasser gelegt werden, so quellen sie auf; dies ist aber kein Wachstum. Denn wenn das Wasser wieder verdunstet, so schrumpft der Körper gleich einem Schwamm wieder auf seine frühere Gestalt und Größe zusammen.

Die wichtigste Bedingung des Wachstums ist natürlich die Ernährung; ferner ist es abhängig von Licht und Wärme, sowie von der Schwerkraft und anderen mechanischen Kräften. Das Wachstum geht aus von den sogenannten Vegetationskegeln, wo die neuen Organe angelegt werden. Nachdem die letzteren eine Zeitlang im embryonalen Zustand verharrt haben, strecken sie sich, um ihre endgültige Gestalt und Größe zu erreichen, und dann beginnt in ihnen die innere Ausbildung.

Diese Vorgänge wiederholen sich an den fortwachsenden Achsen beständig, bis ihnen die Unterbrechung der Vegetationsperiode ein Ziel setzt. Die embryonale Wachstumsstufe zeichnet sich aus durch andauernde neue Zellbildung mittelst Teilung der Zellen am Vegetationskörper; die zweite Stufe der Streckung hingegen zeigt vor allem ein Längenwachstum vorhandener Zellen, und auf der dritten Stufe erfahren sie, wie gesagt, ihre weitere innere Ausbildung (Dickenwachstum u. dergl.). Daß diese Stufen an dem fortwachsenden Stengel ganz allmählich ineinander übergehen, ist selbstverständlich.

In der größten Zahl der Fälle ist das Wachstum eng mit Zellteilung verbunden; dabei ist es natürlich sehr von der Richtung der Zellteilungen abhängig: erfolgen diese immer nur in einer Richtung, so ist das Ergebnis ein fadenförmiges Organ, wenn in zwei Richtungen, so entsteht eine Fläche, und endlich wenn in drei Richtungen, ein Körper. Alle Fälle finden wir, wie schon oben gesagt, sowohl an ganzen Pflanzen (Algen, Pilze) als auch an einzelnen Organen; bei den höheren Pflanzen überwiegt körperliches Wachstum. Daß die Zellteilungen am Vegetationspunkt nach bestimmten Gesetzen erfolgen, ist selbstverständlich. Ihre Erörterung würde uns aber zu weit führen. Was wir noch zu besprechen haben, ist die Einwirkung der äußeren und inneren Kräfte auf die Gestaltung der wachsenden Pflanze.

Es ist auch hierbei vor allem festzuhalten, daß es neben den äußeren Kräften, wie Schwere, Licht und Wärme, noch innere, uns unbekannte Kräfte giebt, welche bei den Wachstumsvorgängen mitwirken. Jene äußeren Kräfte wirken ja auf alle Pflanzen in gleicher Weise ein; trotzdem aber sind die Wirkungen so ganz verschieden; das muß also an der besonderen Eigenart der verschiedenen Pflanzen liegen. Zunächst

ist es daher auch die innere Natur der Pflanze, welche bewirkt, daß die Wurzeln an dem abwärts gerichteten, die Sprosse an dem aufwärts gerichteten Teil der Pflanze entstehen. Andererseits wird aber dasselbe Ergebnis durch zwei andere Kräfte erreicht: die Schwere bewirkt, daß die Stoffe, aus denen die Wurzeln entstehen, nach unten wandern, die dagegen, welche Sprosse und Blätter erzeugen, aufwärts steigen, ferner weiß man, daß auch das Licht in demselben Sinne wirkt, weil Wurzeln auf der dem Licht abgekehrten, Sprosse und Blätter auf der ihm zugewandten Seite entstehen. Wenn eine Pflanze über den Boden hinkriecht, wie sich das namentlich bei niederen Pflanzen (Moosen) zeigt, so entstehen die Wurzeln an der Bauchseite, die Blätter an der Rückenseite. Wenn auch Schwere und Licht diese Wirkung haben, wie sich an geeigneten Versuchen zeigen läßt, so sind also die dabei auftretenden Verschiedenheiten doch in letzter Linie auf innere Ursachen zurückzuführen, in deren Kenntnis wir noch sehr zurück sind.

Wir haben schon einer Wirkung der Schwerkraft auf die wachsenden Organe der Pflanze, die nicht mehr im embryonalen Zustand zu sein brauchen, gedacht: Die Wurzel wächst in der Richtung der Schwere, sie ist *positiv geotropisch*, der Stengel dagegen wächst in entgegengesetzter Richtung, er ist *negativ geotropisch*. Wird ein in Streckung begriffener Sproß wagerecht gelegt, so krümmt er sich nach oben (wenn seine Zellen verholzt sind, ist dies natürlich nicht mehr möglich). Da sich dann zu gleicher Zeit auch eine Wasseranhäufung in den Zellen der Sproßuntenseite (der konvexen Seite) nachweisen läßt, so hat man dies mit der Krümmung in ursächlichen Zusammenhang gebracht. Bemerkenswert ist es, wie die Knoten der Grashalme noch lange ihren Geotro-

pismus behalten. Wird ein ausgewachsener Grashalm wagerecht umgelegt, so beginnt er sich am Knoten zu krümmen, indem die der Unterlage zugekehrte Seite sich verlängert, die Oberseite sich verkürzt, wodurch es dem liegenden Grase ermöglicht ist, sich wieder zu erheben. — Für diesen ursächlichen Zusammenhang zwischen Schwerkraft und Wachstum liefert folgender Versuch einen schönen Beweis: läßt man Samen auf der sich schnell drehenden Scheibe einer Zentrifugalmaschine keimen, so wachsen die Wurzeln wagerecht nach außen, die Sprosse wagerecht nach innen.

Die Wirkung des Lichts auf die sich streckenden Pflanzenteile erkennt man deutlich aus dem schon berührten Versuch, Pflanzen im Dunkeln wachsen zu lassen: die Sproßachsen werden sehr lang, bleiben aber dünn, die Blätter dagegen, wenigstens ihre Spreiten, werden bedeutend kleiner und die Ausbildung des Blattgrüns unterbleibt. Man bezeichnet diese abnorme Wachstumserscheinung als „Etiolement“; das Licht hemmt also und Lichtausschluß fördert das Längenwachstum. Aehnliches zeigen einseitig beleuchtete Sprosse; indem die dem Licht abgekehrte Seite stärker, die andere schwächer in die Länge wächst, macht das betreffende Organ eine Krümmung nach dem Licht hin, was man als positiven Heliotropismus bezeichnet. Es giebt aber auch einen negativen; manche Ranken z. B. krümmen sich nach der weniger beleuchteten Seite (Wein).

Daß auch die Wärme auf das Wachsen der Pflanzen Einfluß hat, läßt sich denken: unter einer für jede Pflanze eigenen Temperaturgrenze hört das Wachstum auf, wie allein schon das Verhalten der Pflanzenwelt bei Eintritt der kälteren Jahreszeit zeigt; von dieser Grenze an steigt die Energie des Wachstums bis zu einem Höhepunkt und nimmt dann

wieder ab bis zu einer oberen Temperaturgrenze, über die hinaus die Pflanze nicht mehr wächst (Minimum, Optimum, Maximum der Wachstumsenergie).

Die durch Wachstum hervorgerufenen Aenderungen bewirken mit zwei anderen Erscheinungen, nämlich Turgor und Imbibition, das, was man als Gewebespannung bezeichnet. Wenn eine Zelle viel Wasser aufgenommen hat, so drückt dasselbe auf die Membran und spannt sie an; dies nennt man Turgor. Wir haben oben schon erwähnt, daß diese Spannung die Sproßachse mechanisch kräftigt. Einen starken Turgor zeigt das Mark, auch die inneren Gewebe den äußeren gegenüber; legt man z. B. einen gespaltenen Blütenschaft vom Löwenzahn in Wasser, so krümmt er sich stark, weil die Innenfläche durch Turgor sich verlängert. — Die Imbibition ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften der Zellhaut; man versteht darunter die Fähigkeit zwischen die Moleküle der Membran Wassermoleküle einzulagern, wodurch dieselbe aufquillt. Dies geschieht oft mit außerordentlicher Gewalt; man denke daran, welche Gewalt der quellende Same hat, ebenso ein trockenes Stück Holz, das man mit Wasser tränkt.

Die Längsspannung des Markes einerseits, der Rinde und des Holzes andererseits ist verschieden. Das Mark ist bestrebt, sich auszudehnen, Holz und Rinde sich zusammenzuziehen. Beides gleicht sich aus. Die Längsspannung nimmt mit dem Alter der Internodien zu und dann wieder ab. Als Ursache der Längsspannung ist wohl anzusehen, daß das Mark schneller wächst als Rinde und Holz und daß es wegen schneller Wasseraufnahme einen stärkeren Turgor zeigt. Daneben giebt es nun auch eine Querspannung. Löst man die Rinde vom Holz, so läßt sie sich nicht mehr voll-

ständig um das Holz legen. Dieses hat also das Bestreben, sich auszudehnen, wird aber durch die entgegengesetzte Spannung der Rinde darin gehemmt. Es liegt auf der Hand, daß hierbei das Dickenwachstum sowie Turgor und Imbibition eine Rolle spielen. Es könnte doch merkwürdig erscheinen, daß die zarten Kambiumzellen nicht von dem Druck von innen und außen beeinflußt werden. Der Grund ist sicherlich der starke in den Kambiumzellen herrschende Turgor.

3. Die Reizbewegungen.

Das Leben besteht in einer Wechselwirkung des Organismus mit der Außenwelt. Die Außenwelt wirkt in gewissen Reizen auf den Organismus ein und dieser antwortet darauf in bestimmter Weise. Diese Antwort besteht gewöhnlich in einer Bewegung. Natürlich ist nun aber nicht jede Bewegung eine Reizbewegung. Wenn man manche tote Pflanzen, z. B. Algen, Flechten oder die bekannte Rose von Jericho in Wasser legt, so erfahren sie durch Aufnahme von Wasser eine Volumenänderung und vollführen dadurch eine Bewegung. Dies ist rein physikalisch zu erklären, also auch keine Reizbewegung, sondern eine mechanische Bewegung. Dagegen sahen wir, daß an einem Keimpflänzchen Schwerkraft, Licht und auch wohl Feuchtigkeit einen derartigen Reiz ausüben, daß die Wurzel nach unten, der Stengel nach oben wächst. Diese verschiedenartige Antwort auf einen und denselben Reiz läßt sich nur derart erklären, daß das Leben hier eine besondere Rolle spielt; unsere physikalischen Gesetze lassen uns dabei durchaus im Stich. Es ist daher ein Unding zu behaupten, daß die Lebenserscheinungen sich mechanisch erklären lassen, und wenn man auch von dem Begriff der „Lebenskraft", d. h. einer besonderen im Organismus wirkenden Kraft abgehen zu müssen

glaubte, so ist man dadurch der Erklärung der Lebenserscheinungen auch nicht um einen Zoll näher gekommen. Ja ein neuerer Forscher, Kerner, erklärt, er nehme keinen Anstand, „jene mit keiner andern zu identifizierende Naturkraft, deren eigentümliche Wirkungen wir das Leben nennen, wieder als Lebenskraft zu bezeichnen.“

Als den Träger des Lebens betrachten wir das Protoplasma; thatsächlich gehen auch alle Reizbewegungen entweder mittelbar oder selbst unmittelbar von ihm aus. Tote, d. h. protoplasmalose Zellen antworten nicht auf einen Reiz und das Protoplasma als solches zeigt auch Reizbewegungen, wie man an niedrigen Algen und Pilzen, an Schwärmsporen, ja auch an der lebenden Zelle höherer Pflanzen beobachtet.

Wir weisen hier auf das zurück, was wir von Geotropismus und Heliotropismus gesagt haben; denn die darauf beruhenden Erscheinungen sind Reizbewegungen. Nur weniges sei hier noch hinzugefügt. Läßt man eine Bohne auf Quecksilber keimen, so wächst die Wurzel in dieses hinein; so stark ist also der Reiz und die Kraft des Protoplasmas, daß die Wurzel den starken Widerstand des Quecksilbers überwindet.

Es giebt sogenannte Ampelpflanzen und manche Mauerpflanzen (z. B. Mauer-Leinkraut), welche zu schwach sind, sich aufrecht zu erhalten; ihre Sproßachse folgt daher nicht dem Reiz der sie sonst aufrichtenden Schwerkraft, sondern sie wachsen der Erde zu. Wenn dagegen eine mit Windungsfähigkeit begabte Pflanze (Bohne) gezwungen wird, abwärts zu wachsen, so krümmen sich die noch in Streckung befindlichen Teile nach oben. Zu gleicher Zeit zeigt sich aber auch eine heliotropische Erscheinung; denn die Blätter wenden sich nach oben und kehren ihre Oberseite dem Licht zu. Das wird ihnen durch ein Schwellpolster an der Basis des Blattstiels ermöglicht.

Daß die Blätter unter dem Einfluß des Heliotropismus eine bestimmte Stellung einnehmen, ist schon erwähnt worden; sie wenden ihre Assimilationsfläche (Oberseite) möglichst dem Lichte zu. Andererseits suchen sie sich auch oft durch ihre Stellung vor zu starker Bestrahlung durch die Sonne zu schützen. An jedem Baum und Strauch (z. B. Hasel) läßt sich leicht sehen, daß die wagerecht wachsenden Zweige sowohl als die senkrechten wagerecht gestellte Blätter besitzen. An Mauerpflanzen zeigt sich oft sehr schön, wie sich die Blätter, ein sog. Blattmosaik bildend, neben einander legen und sich gegenseitig Platz machen, ohne sich zu hindern (Glaskraut Fig. 23).

Eine weitere Gruppe von Reizbewegungen sind die Nutationsbewegungen, d. h. Krümmungen, welche sich

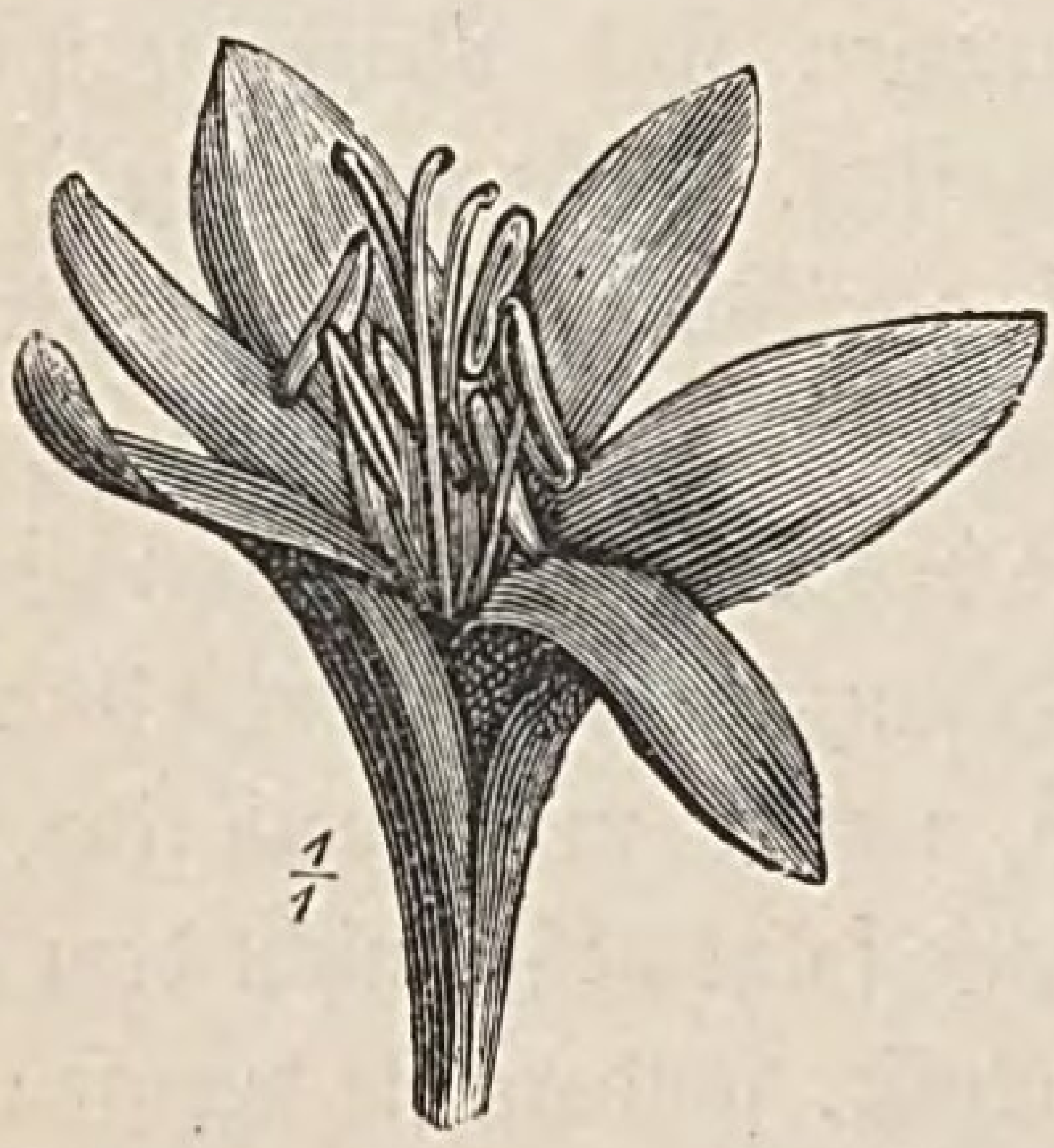


Fig. 50.
Colchicum autumnale, Herbstzeitlose, offene Blüte (am Tage).

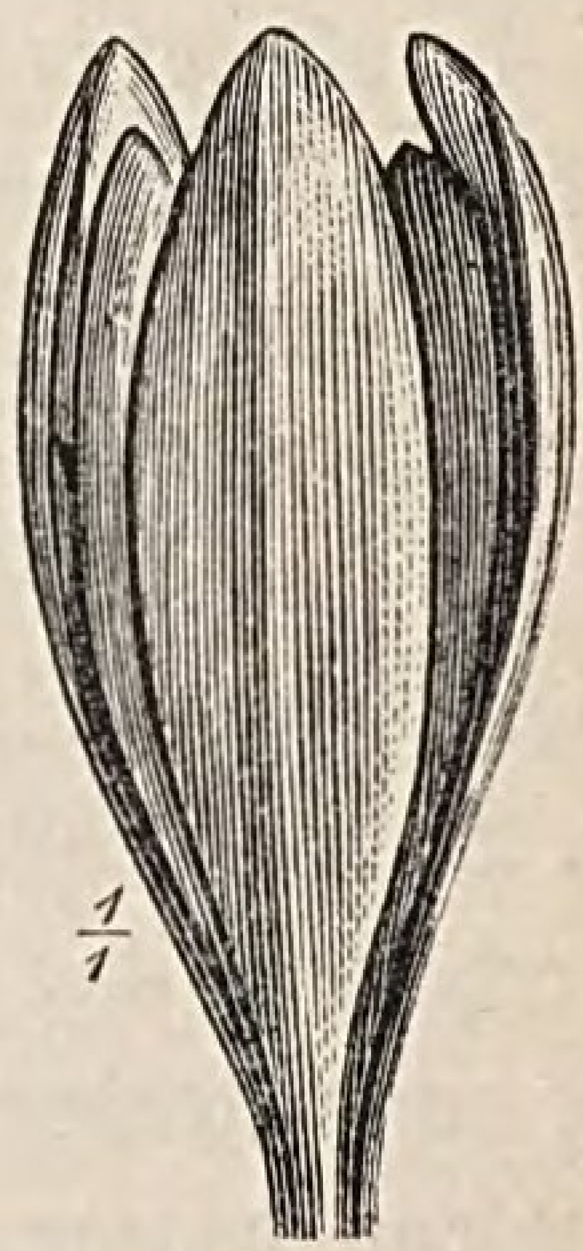


Fig. 51.
Dasselbe, geschlossene Blüte (bei Nacht).

auf ungleiches Wachstum von Ober- und Unterseite zurückführen lassen und bei Ranken und windenden Stengeln vorkommen. Hier hört die Bewegungsfähigkeit mit Beendigung

des Wachstums auf. Aehnlich ist es, doch mit periodischer Wiederholung, wenn eine Blattseite sich infolge stärkeren Wachstums bei Tag bezw. Nacht hebt: die Blätter vom Flachs heben sich in der Nacht, weil dann die Unterseite stärker wächst, beim Windenknöterich senken sie sich, weil die Oberseite nachts stärker wächst. Aehnliches zeigen viele Blüten, die sich tags öffnen, nachts schließen oder umgekehrt (Herbstzeitlose Fig. 50 und 51). Diese Erscheinung tritt oft auch schon bei Schwankungen in der Beleuchtung ein (Tulpe).

Im Gegensatz zu den Nutationsbewegungen hören die Variationsbewegungen mit der Streckung des Organs nicht auf, sondern erfolgen auf einen gewissen Reiz hin von neuem. Dahin gehört die Bewegung der Sinnpflanze (Mimosa

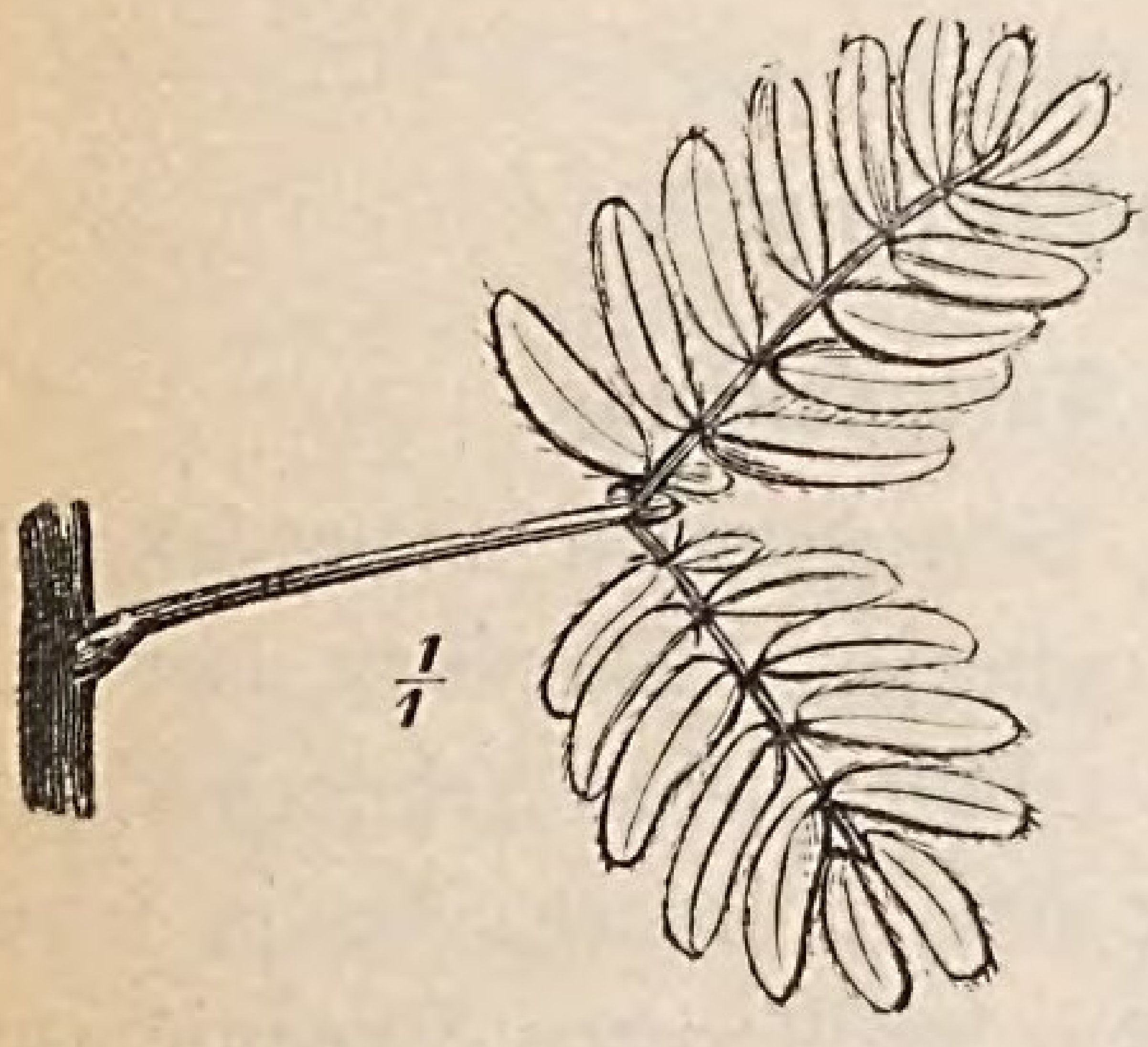


Fig. 52.
Mimosa pudica, Sinnpflanze, geöffnetes Blatt (in Ruhe).

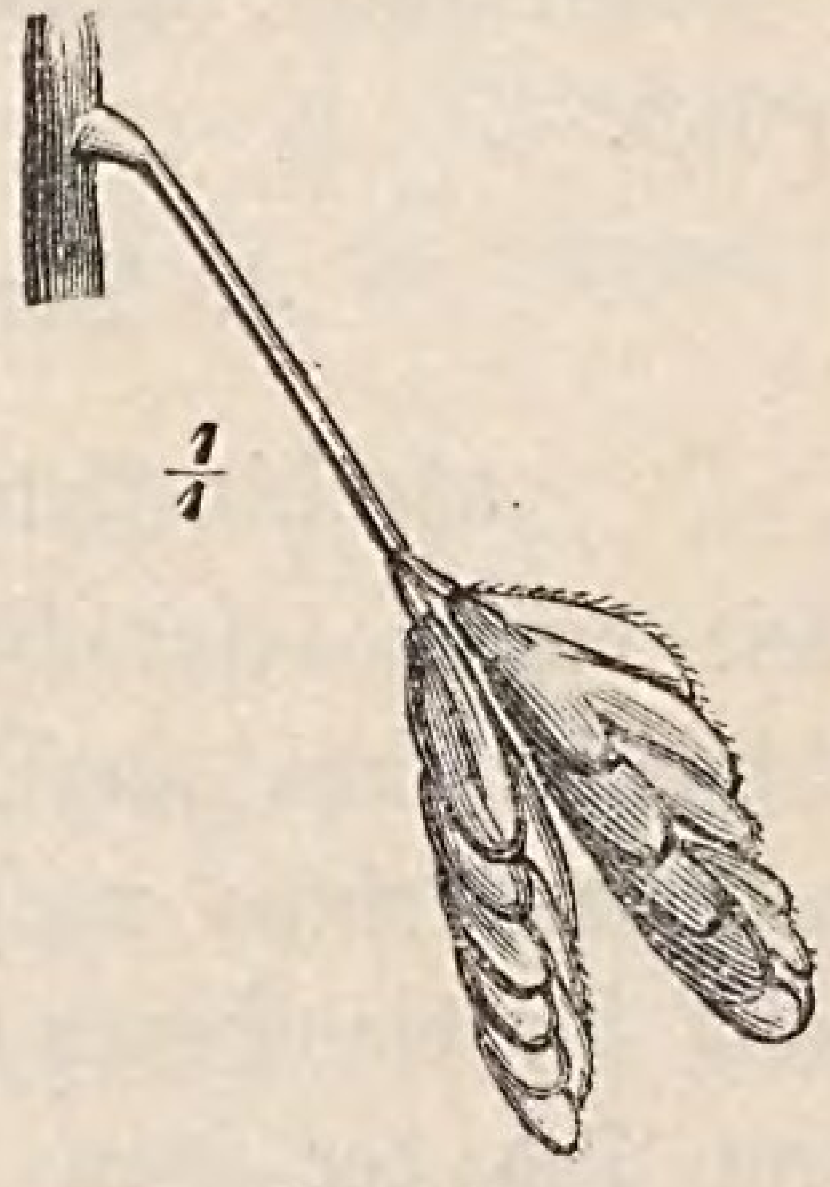


Fig. 53.
Dieselbe, geschlossenes und gesenktes Blatt (nach Erschütterung).

pudica), deren Fiederblättchen und Blätter sich bei Erschütterung senken (Fig. 52 und 53); ähnlich bewegen sich bei Berührung manche Staubgefäße (Kompositen z. B. Kornblume). Die Bewegung beruht hier überall darauf, daß aus einem dann stets vorhandenen starken Parenchymgewebe (Schwellpolster) das

Wasser in Intercellularräume tritt. — Diese Variationsbewegungen sind auch oft die Antwort auf einen Licht- oder Temperaturreiz; so legen sich die Blätter der Sinnpflanze auch im Dunkeln zusammen, ähnlich die Blätter des Sauerklees und vieler Leguminosen (Klee, Wicke). Man nennt dies dann bezeichnend Schlafbewegung (Tag- und Nachtstellung) und führt dieselbe auf die durch Turgor hervorgerufene Gewebespannung in den Zellen eines Schwellpolsters zurück.

Zum Schluß sei noch bemerkt, daß die hier erörterten Reizbewegungen eine Störung dadurch erleiden können, daß die Reize von außen zu stark sind. Das überreizte Organ verliert dann zeitweilig seine Beweglichkeit und befindet sich im Zustand der Starre. Die Ausdrücke Kältestarre, Wärmestarre, Dunkelstarre, Trockenstarre sind darnach wohl von selbst verständlich.

4. Die Fortpflanzung.

a) Die Arten der Fortpflanzung.

Die bisher besprochenen Verrichtungen bezwecken in erster Linie die Erhaltung des Einzelwesens. Damit ist aber der Endzweck des Lebens noch nicht erfüllt: jedes Lebewesen hat auch noch für die Erhaltung der Art zu sorgen, da ja sonst mit dem Tod der eben die Erde bevölkernden Organismen alles Leben von ihr verschwinden würde. Es ist also ein für den Gesamthaushalt der Natur überaus wichtiges Kapitel des Pflanzenlebens, das wir zum Schluß noch zu behandeln haben.

Wir haben zunächst eine Reihe von Erscheinungen in Betracht zu ziehen, welche nicht sowohl der eigentlichen Fortpflanzung als vielmehr der Vermehrung angehören. Die Pflanzen haben nämlich vor den Tieren ein Vermögen voraus, das für sie sehr wichtig wird. Wenn man will, ist die Fort-

pflanzung bei den Pflanzen viel mehr als bei den Tieren einem gewissen Zufall unterworfen; es ist daher für sie von Bedeutung, daß sie Ersatzmittel besitzen. Das Tier hat einen viel einheitlicheren Körper als die Pflanze; die Organe sind bei ihm viel mehr von einem Grundgedanken beherrscht und werden von einem Zentralorgan, dem Nervensystem, regiert; die Pflanze hingegen bewahrt ihren Organen eine viel größere Selbständigkeit und diese äußert sich vor allem darin, daß sich Teile der Pflanze loslösen und neue Pflanzen bilden können (vegetative Vermehrung). Jeder weiß, daß man durch Ableger, Absenker usw. eine Pflanze vermehren kann; wenn man einen Sproß von der Pflanze loslöst und in die Erde bringt, kann er selbständig werden: sein unterer Teil erzeugt Wurzeln und dadurch ist der Anfang einer neuen Pflanze gemacht. Manche Pflanzen, wie z. B. die Schiefblätter (Begonien), gehen darin so weit, daß ein Blattstück neue Pflanzen erzeugen kann.

Dem Prinzip nach gehört hierher auch die Vermehrung durch Ausläufer, Knollen, Zwiebeln, Brutknospen (s. oben). Hingegen ist das Kopulieren, Pfropfen und Okulieren im Grunde etwas anderes, weil es sich dabei nicht sowohl um eine Vermehrung, als vielmehr künstliche Veredlung einer Pflanze handelt. — Die vegetative Vermehrung der Pflanze tritt vielfach dann ein, wenn eine andere aus irgend welchen Gründen nicht möglich ist. Manche Pflanzen sind auf sie völlig angewiesen, besonders niedere Algen und Pilze (Teilung der Bakterien).

Die Fortpflanzung im engeren Sinne ist eine geschlechtliche, d. h. die neue Pflanze entsteht als Produkt der Vereinigung von zwei Zellen (Gameten). Dieselbe ist nun aber durchaus nicht im ganzen Pflanzenreich eine gleich-

artige, vielmehr zeigt sie mit der steigenden Ausbildung der Pflanzen auch eine Vervollkommnung. Es dient zum näheren Verständnis der Sache, wenn wir dieser Vervollkommnung zuerst kurz gedenken. Der allereinfachste Fall ist, daß die Pflanzen zwei gleiche Zellen bilden, deren Inhalt mit einander verschmilzt (manche Algen und Pilze). Ist dagegen ein Unterschied zwischen beiden Zellen zu beobachten, so trennt man sie als männlich und weiblich und bezeichnet den Vereinigungsvorgang als Befruchtung. Der auffallendste Unterschied zwischen beiden Zellen ist, daß die weibliche unbeweglich (Eizelle genannt), die männliche beweglich ist, doch fehlt es auch nicht an Beispielen, daß die männliche unbeweglich ist: so bei den die Kartoffelkrankheit erzeugenden Pilzen, sowie bei den Rotalgen (Florideen). Die Stufe der unbeweglichen Eizelle und beweglichen männlichen Zelle vertreten besonders Moose und Farne. Hier entsteht die Eizelle in einem einfachen, mehr oder weniger flaschenförmigen Gebilde, dem Archegonium, und die Spermatozoiden genannten männlichen Zellen in mehr keulenförmigen Antheridien. Die Spermatozoiden sind fadenförmige Zellen mit Geißeln oder Wimpern, welche sich auf einer feuchten Unterlage fortbewegen können. Da die Träger dieser Organe nun stets kleine Pflänzchen sind, so vermögen die Spermatozoiden auf diese Weise leicht zu den Archegonien zu gelangen. Das Ergebnis der Befruchtung ist in dem einfachsten oben genannten Falle eine Zelle, die man Zygospore nennt und welche zur neuen Pflanze auswachsen kann. Ist eine Eizelle vorhanden, die durch ein Spermatozoid befruchtet wird, so nennt man die entstehende Spore eine Oospore; dagegen ist bei den Moosen das Ergebnis der Befruchtung die Bildung eines Sporogoniums, das heißt einer Mooskapsel, in der die Sporen

entstehen. Unter Sporen versteht man die einzelligen Fortpflanzungskörperchen, aus denen durch Keimung ein neues Individuum entsteht. Bei den Farnen endlich bildet sich aus der auf einem Vorkeime befindlichen befruchteten Eizelle das junge Farnkraut, auf dessen Blättern viel später ungeschlechtlich die Sporen entstehen.

Was die höheren Pflanzen, die Samenpflanzen, anbetrifft, so haben wir deren Blütenverhältnisse schon genügend erörtert. Der Befruchtungsvorgang besteht hier in der Verschmelzung des Pollenkorninhalts mit der Eizelle der Samenknospe; damit aber dies eintreten kann, muß das Pollenkorn auf die Narbe gelangen: diesen Vorgang nennt man Bestäubung.

b) Die Bestäubung.

Der Blütenstaub ist eine unbewegliche, männliche Gamete. Um zur Narbe zu gelangen, bedarf er meist eines besonderen Fuhrwerks. Bei Zwitterblüten sollte man meinen, könnte leicht der Blütenstaub auf die Narbe derselben Blüte gelangen; allein eine derartige Selbstbestäubung tritt verhältnismäßig selten ein; Fremdbestäubung wird bevorzugt, da sie kräftigere Nachkommenschaft sichert. Sind Staub- und Fruchtblätter auf verschiedene Blüten oder gar Pflanzen verteilt, so muß die Fremdbestäubung natürlich Gesetz sein.

Eine außerordentliche Fülle verschiedenartiger Vorrichtungen sichert bei Zwitterblüten die Fremdbestäubung. Wir erwähnen kurz folgende Fälle. Oft werden Staub- und Fruchtblätter zu verschiedenen Zeiten reif, so daß die Narbe noch nicht bestäubungsfähig ist, wenn der Pollen die Antheren verläßt. Man nennt dies Dichogamie (Aristolochia, Wegerich, Ruta u. a.). Oft stehen Staub- und Fruchtblätter derart, daß ein direkter Verkehr zwischen beiden völlig ausgeschlossen

erscheint, oder sie sind in ihrer Länge so verschieden, daß zur Bestäubung fremde Hilfe nötig ist.

Uebrigens ist die Fremdbestäubung doch nicht so unbedingtes Gesetz, wie man eine Zeit lang dachte; vielmehr weiß man, daß in manchen Fällen Selbstbestäubung eintritt, ja daß diese oft durch besondere Vorkehrungen ermöglicht wird, wenn die Blüte vergebens auf Fremdbestäubung gewartet hat.

Welcher Fuhrwerke bedient sich nun die Pflanze zum Transport des Blütenstaubs? Des Windes und der Tiere. Wenn der Pollen sehr leicht und in großen Massen vorhanden ist, genügt ein Windstoß, um eine Wolke desselben den Fruchtblattblüten zuzuführen. Derartige Windblütler sind namentlich unsere monöcischen und diöcischen Holzpflanzen (Eiche, Buche, Hasel u. s. w. einerseits, Pappeln andererseits). Verbreiteter sind die Tierblütler. Besonders Insekten, (seltener Vögel in den Tropen) leisten der Pflanze den Botendienst.

Wir haben schon gesehen, daß die Insekten in der Blüte Honig und Blütenstaub suchen und daß sie dadurch, sowie durch bunte Farben und angenehmen Geruch angelockt werden. Hier wollen wir nur noch eines Umstandes gedenken. Honig ist ein vielbegehrter Artikel in der Insektenwelt. Aber nicht jedes Insekt würde die Uebertragung des Blütenstaubs erfolgreich bewirken können; daher muß die Pflanze ihren süßen Schatz vor Dieben und unberufenen Gästen schützen. Dies geschieht oft durch die Beschaffenheit der Blumenkrone, die für gewöhnlich geschlossen ist; so hat z. B. das Löwenmaul eine fallthürartige Einrichtung; oder, und das ist von besonderer Bedeutung, die Blüte ist so gebaut, daß nur bestimmte Insekten sie bestäuben können, weil Länge der Teile und die Stellungsverhältnisse derart sind, daß nur ein bestimmter

Rüssel zum Honig gelangen kann. Hierbei ist dann stets dafür gesorgt, daß der Blütenstaub sich an einer Körperstelle des Insekts ablagert, welche nachher die Narbe einer anderen Blüte streifen wird. Die Mannigfaltigkeit der Fälle ist fast so groß wie die Mannigfaltigkeit der Blütenformen. Hier können wir nur weniges andeuten, um zu eigner Beobachtung in diesem außerordentlich interessanten Gebiete anzuregen.

Die Pollenträger von Pflanze zu Pflanze sind besonders Schmetterlinge, Bienen und Hummeln. Ist die Blüte auf Schmetterlinge angewiesen, so hat sie, da diese sehr lange Rüssel haben, eine dementsprechend lange Blumenkronenröhre, aus welcher Staubgefäße und Stempel lang hervorragen, z. B. Geisblatt. Obendrein haben sie, da es sich hierbei meist um Nacht- oder Dämmerungsfalter handelt, eine hellleuchtende Farbe und nur abends und nachts eintretenden Geruch.

Ein der Beobachtung eines jeden zugängliches Beispiel bietet das Veilchen. Hier hat der Stempel einen nach unten verdünnten und umgebogenen Griffel (Fig. 35, a) und die Staubgefäße (Fig. 33, f) besitzen einen Honig absondernden Sporn sowie an der Spitze ein Anhängsel: alle fünf stehen um den Griffel herum und die Anhängsel schließen so zusammen, daß sie am Griffel einen Hohlraum bilden. Die Blüte hängt an langem Stiel nach unten und der trockene Blütenstaub fällt bei der Reife in jenen Hohlraum. Hängt sich nun eine Biene an die Veilchenblüte, so muß sie, um zum Honig zu gelangen, den Griffel zurückbiegen, was vermöge der Verdünnung und Umbiegung leicht geht; dabei fällt dann aber der Pollen auf ihren Kopf und wird an der Narbe der nächsten von ihr besuchten Blüte abgestreift.

Ein bemerkenswertes Beispiel zeigen auch die Figuren 54—56, nämlich das einer Schmetterlingsblüte. Von den

fünf Blumenblättern steht eines hoch aufgerichtet, die Fahne; sie lockt die Insekten von weitem an. Zur Seite stehen zwei

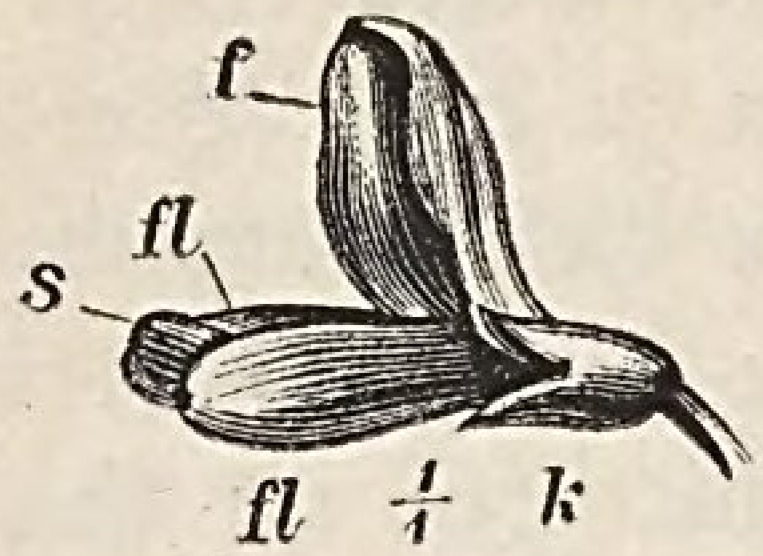


Fig. 54.
Genista tinctoria, Färberginster, Schmetterlingsblüte, zur Bestäubung bereit. k Kelch, f Fahne, fl Flügel, s Schiffchen.

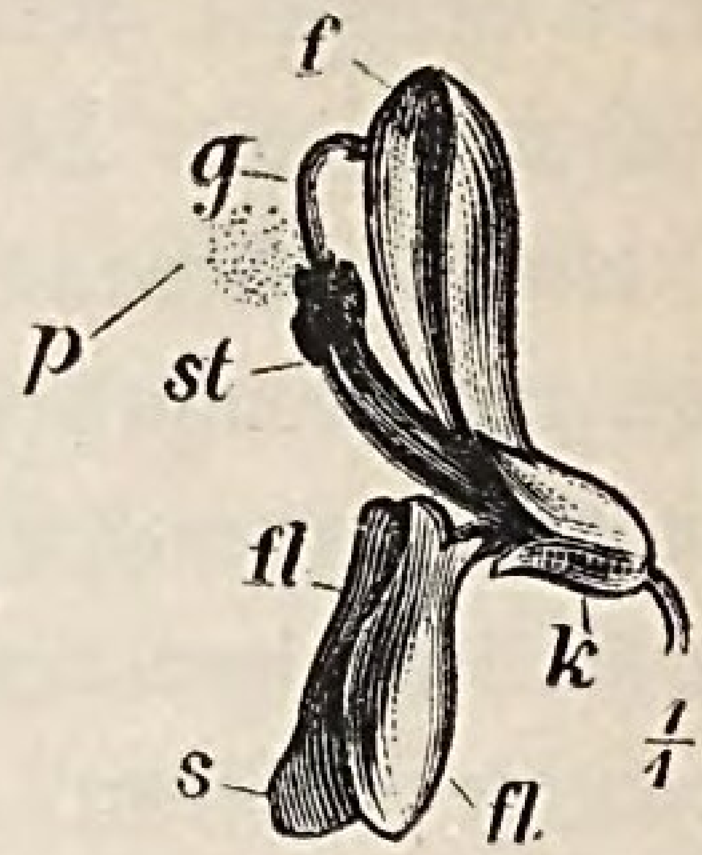


Fig. 55.
Dieselbe, Blüte nach der Bestäubung, Flügel und Schiffchen sind heruntergeklappt, Staubgefäße st und Griffel g nach oben gerichtet, p Pollenwolke, die dabei entlassen wurde.

Flügel und zwischen diesen zwei fast verwachsene Blätter, die das Schiffchen bilden (Fig. 56, s). Die Flügel haben auf beiden Seiten einen Höcker und in diesen ragt von innen ein Höcker des Schiffchens (Fig. 56), so daß die vier Blätter eng in einander greifen. Da sie sich aber in dieser Lage in Spannung befinden, so verlassen dieselben sie leicht, wenn auf eine Vorwölbung des Flügels gedrückt wird, und schnellen nach unten. In dem Schiffchen liegen die 10 Staubgefäße, deren Staubfäden unten zu einer Röhre verwachsen sind (Fig. 33, i), sowie der federig gespannte Griffel (Fig. 38, h). Die Antheren öffnen sich früh und lagern den Pollen in dem Schiffchen ab. Wenn nun ein Insekt auf die Flügel drückt, so fahren

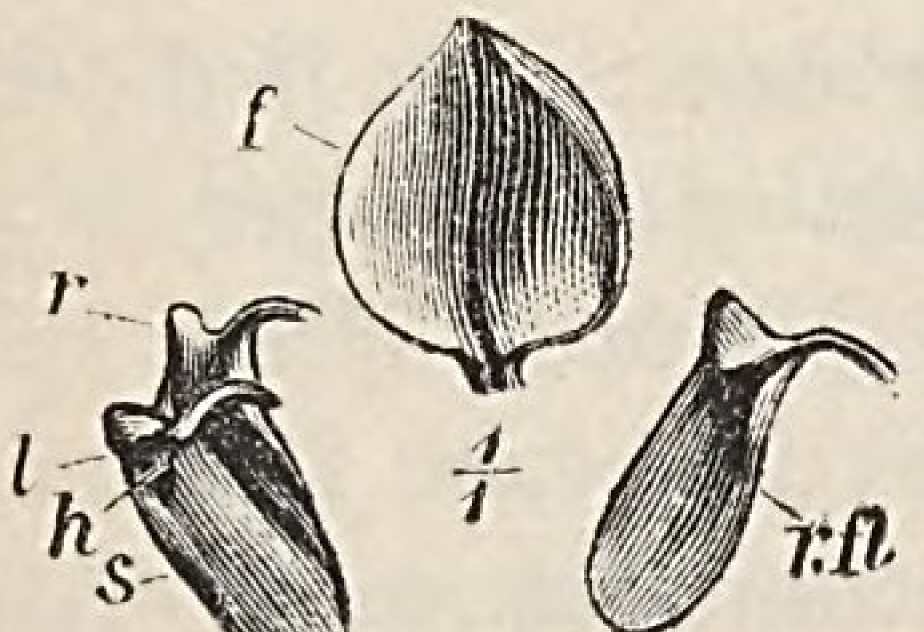


Fig. 56.
Dieselbe, Teile der Schmetterlingsblüte. f Fahne, rfl rechter Flügel, s Schiffchen, hieran l linke Hälfte, r rechte Hälfte, h Höcker.

diese samt dem Schiffchen nach unten und die Staubgefäße nach oben, so daß der Blütenstaub in einer Wolke aus dem Schiffchen geschleudert wird, wie das Fig. 55 darstellt. Der Blütenstaub wird dabei auf dem Unterleib des Insekts abgelagert, und wenn dasselbe dann eine andere Blüte mit emporstehender Narbe besucht, muß es notwendig den Pollen auf derselben abstreifen.

c. Die Befruchtung.

Wenn der Pollen auf die Narbe gelangt ist, sendet er einen Schlauch durch den Griffel in den Fruchtknoten (Fig. 34); derselbe sucht hier die Eizelle und es findet mit ihr ein Austausch der Plasmamassen statt. Die Folge ist eine energische Teilung der Eizelle, aus welcher schließlich in gesetzmäßiger Weise ein Zellkörper hervorgeht, der Keimling, welcher die oben beschriebenen Teile, Samenlappen, Knöspchen und Würzelchen zeigt.

Während in der Samenknospe diese Wachstumsvorgänge stattfinden, beginnt auch in der Fruchtknotenwand eine Aenderung: aus dem Fruchtknoten wird die Frucht oft mit Zuhilfenahme anderer Blütenteile, besonders der Achse (s. oben).

d. Sorge der Pflanze für die Nachkommenschaft.

Eigenliebe ist nicht die alleinige Triebfeder des Naturlebens, wie so oft behauptet wird, es giebt vielmehr überall in der Natur Vorkommnisse, die von einem Gesetz der Liebe und gegenseitigen Hilfeleistung Zeugnis ablegen, und dahin gehört in erster Linie die Vorsorge für die Nachkommenschaft, die Brutpflege, wie man es nennen könnte.

Es erscheint fast widersinnig, eine solche auch in der Pflanzenwelt zu suchen und doch findet sie sich hier oft sehr ausgesprochen. Wir haben davon schon oben geredet und es

mag daher genügen, hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß die Pflanze nicht nur ihrer Nachkommenschaft, dem Samen, für die Zeit, die bis zur Keimung verstreicht, Schutzmittel mitgiebt, sondern auch dafür sorgt, daß er an Stellen gelangt, die sich zur Keimung eignen.

Muß der Same bis zur Keimung eine längere Wartezeit durchmachen, so ist er durch lederartige, oft sogar steinharte Beschaffenheit des Fruchtgehäuses oder der Samenschale gegen die Unbilden der Witterung geschützt (Nuß, Kirschkern). Soll er den Verdauungskanal eines Tieres durchwandern, so ist es ähnlich (Johannisbeere, Blaubeere); s. oben.

Wie durch Flugvorrichtungen an Frucht und Samen oder durch Tiere die Samen an andere, der Keimung günstige Orte getragen werden, haben wir schon gesehen. Zum Teil sind die Tiere unfreiwillige Boten; dann heften sich die Früchte mittelst Haaren und Haken (Fig. 49) ihrem Felle an; oder die Tiere suchen die Früchte auf, weil sie ihnen ein Genußmittel bieten.

Schlußwort.

Nun mir der Leser in freundlicher Geduld bis an den Schluß dieses Büchleins gefolgt ist, habe ich eine Frage und eine Bitte an ihn.

Die Frage lautet: was dünkt dich nach dem Gehörten vom Leben der Natur?

Ist's wahr, was dieser und jener sagt, daß es blinde Gesetze sind, die mechanisch walten im Stein, im Tier, in der Pflanze und schließlich auch in deinem Hirn, wenn du

über meine Frage nachsinnst? Laß den ganzen Inhalt eines Pflanzenlebens an deinem Geiste vorüberziehen: ist es eine tote Maschine, die aufgezogen ist und dann ihr Räderwerk abschnurren läßt, eine Spieldose, die ihr Liedlein ableiert? Leben wir in einer mechanischen Welt, oder giebt es noch ein besonderes Gesetz des Lebens, das dich in gleicher Weise durchdringt wie das Gänseblümchen am Wege?

Heißt es auch bei dir: „Ein Narr wartet auf Antwort?" oder ahnst du eine ewige Weisheit, welche nicht in blinden, mechanischen, sondern in einsichtsvollen, zweckmäßigen Gesetzen die wunderbare Welt regiert? Und auf welcher Seite bleiben bei diesen beiden Auffassungen die größeren Rätsel?

Und bist du, lieber Leser, mir mit ein wenig Teilnahme durch die Pflanzenkunde bis hierher gefolgt, so habe ich als Führerlohn eine kleine Bitte und die lautet: Wenn du dieses Büchlein aus der Hand gelegt hast, dann lege damit doch die Pflanzenkunde nicht aus der Hand, sondern forsche nun selbst in dem großen Buch der Natur, wo alles, was du hier gelesen hast, viel deutlicher und kräftiger und anregender geschrieben steht, als meine schwache Feder es vermochte.

Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Gesetze,
Jede Blume, sie spricht lauter und lauter mit dir.
Aber entzifferst du hier der Gottheit heilige Lettern:
Ueberall siehst du sie dann, auch im veränderten Zug.

Register.

Staatsanzeiger: Das 20. Bändchen, das einen **Abriß der deutschen Grammatik** und im Anhange eine **kurze Geschichte der deutschen Sprache** enthält, enthält ebenfalls eine gute Uebersicht der deutschen Sprachlehre und deutschen Sprachgeschichte. Die klare und **knappe** Darstellung giebt auf engem Raum einen **überraschend reichen Stoff**, sie ist mehr ins Einzelne eingehend, als das kleine Bändchen erwarten läßt.

Pfälz. Kurier: Auch in der **griechischen Altertumskunde von Dr. R. Maisch** ist die Darstellung concis und, ohne den wissenschaftlichen Charakter zu verleugnen, populär im besten Sinne des Wortes. Druck und Papier sind, wie bei allen Bändchen der „Sammlung Göschen", **vorzüglich**; der Einband ist gut und geschmackvoll. Dabei ist der Preis (80 Pf. jedes Bändchen) **so niedrig**, daß **schwerlich ein anderes Unternehmen** mit **der Göschen'schen Sammlung wetteifern** kann. Ja, es ließe sich denken, daß sie, was den Preis betrifft, eine **vollständige Umwälzung in der Schulbücherlitteratur** hervorrufen könnte.

Lehrer-Zeitung: Wenn eine kurzgedrängte **physikalische Geographie** aus der Feder eines so tüchtigen Fachmannes, wie es Prof. Günther in München ist, erscheint, so ist von vornherein zu erwarten, daß das nur etwas Gutes sein kann. Jeder, der das Buch liest, wird sehen, daß er sich in dieser Erwartung nicht getäuscht hat.

Ausland: **Kaum je ist mir ein Buch zu Gesicht gekommen,** das wie **Rebmann's Anthropologie** auf so kleinem Raum ein so klares Bild von dem Bau und den Thätigkeiten des menschlichen Körpers geboten hätte. Ich kenne wohl eine Anzahl tüchtiger Leitfäden der Anthropologie, aber keinen, der seine Aufgabe so elementar erfaßt und mit **geringen Mitteln so glücklich gelöst** hätte. Ich stehe nicht an, das Werkchen als ein **für den Unterricht höchst brauchbares** zu bezeichnen. Die Herren Naturwissenschaftler an Gymnasien und Realschulen mache ich auf das kleine Buch besonders aufmerksam.

Littbl. d. dtsch. Lehrerztg.: Wir haben schon mehrfach in diesen Blättern die „Sammlung Göschen" warm empfohlen und müßten nur wiederholen, was wir schon gesagt haben, wenn wir ihre **Gediegenheit bei aller Kürze**, ihre **schöne Ausstattung** bei dem **sehr mäßigen Preise** noch besonders hervorheben wollten. Die beiden Bändchen **„Hartmann von Aue rc."** und **„Walther von der Vogelweide"** geben eine Auswahl des **Besten aus dem Besten** unserer **altklassischen deutschen Litteratur** im ursprünglichen Text und gewähren somit für ein Billiges einem jeden Gebildeten die Möglichkeit, die alten Perlen unserer Litteratur in ihrer kernigen, kraftvollen Ursprache selbst kennen zu lernen. Einer weiteren Empfehlung bedürfen demnach diese beiden Bändchen nicht.

Allg. Zeitung (München): Ellinger bietet in **„Kirchenlied und Volkslied,** geistliche und weltliche Lyrik des 17. und 18. Jahrhunderts bis auf Klopstock" den Schülern ein Handbuch, das den Verständigeren für den deutschen Unterricht gewiß **hochwillkommen** ist. Den beiden

größeren Teilen des Buches sind gut orientierende Einleitungen vorangestellt; jedem Dichter ist eine kurze Notiz beigegeben, die über sein Leben und seine Bedeutung unterrichtet; Anmerkungen suchen sprachliche Schwierigkeiten zu lösen. Dem Büchlein, **das seinem Zwecke völlig entspricht,** sei der beste Erfolg gewünscht.

Berl. philolog. Wochenschrift: **Steuding, griechische und römische Mythologie.** Die überaus schwierige Aufgabe, den wesentlichsten Inhalt auf nur 140 Kleinoktavseiten übersichtlich und gemeinverständlich darzustellen, ist von dem Verfasser des vorstehenden, in der bekannten Art der „Sammlung Göschen" ausgestatteten Büchleins **in höchst anerkennenswerter Weise gelöst worden.** Vor allem verdient die **Gruppierung** des überreichen Stoffes **uneingeschränktes Lob.** St. vertritt eine **kerngesunde, von jeder Einseitigkeit freie mythologische Richtung** und ist redlich beflissen gewesen, auch die Forschungsresultate der neuesten Zeit seinem Leitfaden einzuverleiben. Wir wünschen dem Büchlein die **Verbreitung und Anerkennung,** die es **verdient.**

Zeitschr. f. dtsch. Unterricht: Die **„Althochdeutsche Litteratur"** Schaufflers ist eine **hocherfreuliche Gabe;** sie beruht überall auf den neuesten Forschungen und giebt im Anschluß an Braune, Sievers, Paul, Müllenhoff und Scherer u. a. überall das Wichtigste und Wissenswerteste in knappster Form. Es ist **staunenswert,** wie es der Verfasser verstanden hat, eine Fülle von Stoff in übersichtlicher Anordnung auf einen geringen Raum zusammenzudrängen, ohne doch jemals dürftig oder bloß statistisch zu werden.

Natur: Es ist geradezu erstaunlich, wie es der rühmlichst bekannte Verlag ermöglicht, **für so enorm billige Preise** so **vorzüglich ausgestattete Werkchen** zu liefern. Das vorliegende Bändchen bringt in knapper und verständlicher Form das Wissenswerteste der **Mineralogie** zum Ausdruck. Saubere Abbildungen erleichtern dem Schüler, für den es in erster Linie bestimmt ist, das Verständnis.

Globus: Es ist **erstaunlich, wieviel diese kleine Kartenkunde bringt,** ohne an Klarheit zu verlieren, wobei noch zu berücksichtigen ist, daß **viele Abbildungen** den Raum stark beengen. **Vortrefflich** wird die **Kartenprojektionslehre** und die **Topographie geschildert;** dieselben finden sich in einer Darstellung, die für Anfänger sehr geeignet ist und dabei ist noch Platz für geschichtliche Erläuterungen vorhanden.

Nationalzeitg.: Es ist **bis jetzt in der deutschen Litteratur wohl noch nicht dagewesen,** daß ein Leinwandband von fast 300 Seiten in vorzüglicher Druck- und Papierausstattung zu einem Preis zu haben war, wie ihn die „Sammlung Göschen" in ihrem neuesten Bande, **Max Koch's Geschichte der deutschen Litteratur** für den Betrag von sage **achtzig Pfennige** der deutschen Leserwelt bietet.

Deutsche Rundschau: Es wäre höchst ungerecht, die vorliegende **„Geschichte der deutschen Litteratur** von **Professor Dr. Max Koch"** nach der Beschränktheit ihres Umfangs zu bemessen. Die Schwierigkeit bestand vielmehr darin, so Vieles in so knapper Form, in den 278

Seiten dieses schmucken Oktavbändchens die übersichtliche Darstellung eines fünfzehnhundertjährigen geistigen Entwicklungsganges zu geben. .. **Wir wüßten** den Fremden und vielen Deutschen mit ihnen, **keinen besseren Leitfaden** durch das blühende Labyrinth deutscher Dichtung und Prosa zu empfehlen, als diesen kleinen Band.

Prakt. Schulmann: Ein **Meisterstück kurzen und bündigen,** und doch **klaren** und **vielsagenden Ausdrucks** wie die „Deutsche Litteraturgeschichte" von Prof. M. Koch ist auch die vorliegende **„Deutsche Geschichte im Mittelalter".** Dr. Kurze beherrscht ersichtlich die Ergebnisse der neuesten Forschungen, begnügt sich aber bei der ihm durch den Raum auferlegten kurzgedrängten Darstellung keineswegs damit, Thatsachen und Daten trocken aneinander zu reihen, sondern er weist überall den pragmatischen Zusammenhang nach und bietet von den geschichtlichen Persönlichkeiten treffende Charakteristiken.

Natur: Diese Sammlung ist unseren Lesern schon durch das Bändchen über Mineralogie bekannt, und wir wiederholen, daß wir kaum begreifen, wie der Verlag im stande ist, **so viel für so wenig Geld zu** geben. Denn in der **Chemie** von Dr. Klein empfängt der Schüler fast mehr, wie er als Anfänger bedarf, mindestens aber so viel, daß er das Wissenswürdigste als unentbehrliche Grundlage zum Verständnisse der Chemie empfängt. . . Das ist sicher mehr, als man für 80 Pfg. erwarten konnte, und vertritt zugleich das schöne Prinzip der Engländer, durch wohlfeile kurz gefaßte kleine Leitfäden das Volk zu bilden.

Kunst f. Alle (München): In der Folge der mit so großem Beifall aufgenommenen „Sammlung Göschen" ist soeben das 39. Bändchen erschienen, das, wie seine Vorgänger, weiteste Beachtung verdient. **K. Kimmich** behandelt in diesem Bändchen, „Zeichenschule" benannt, in **knapper, kerniger, sachlich-zielbewußter Form** das weite Gebiet des bildmäßigen Zeichens und Malens. Man empfindet auf jeder Seite und in jeder bildlichen Vorführung, daß der Verfasser Herr des Stoffes ist. In der übermäßig fruchtbaren Produktion kunstgewerblicher Litteratur ist Kimmichs Zeichenschule auf diesem Gebiet **weitaus das Beste,** das bisher geboten wurde. Gleich nutzbringend und in reichstem Maße bildend für Lehrer, Schüler und Liebhaberkünstler, möchte ich das **wirklich vorzügliche Werk** mit warmen anerkennenden Worten der Einführung in Schule, Haus und Werkstatt zugänglich machen. Die Ausstattung ist dabei eine so vornehme, daß mir der Preis von 80 Pfennigen für das gebundene Werk von 138 Seiten kl. 8° wirklich **lächerlich billig** erscheint. Nicht weniger als 17 Tafeln in Ton-, Farben- und Golddruck, sowie 100 Voll- und Textbilder illustrieren den äußerst gesunden Lehrgang dieser Zeichenschule in feinfühlender Weise. Möge diese Zeichenschule ihrem vollen Wert nach erkannt werden und reichen Segen stiften, sie ist ein **Schatzkästlein** in der Flut der oberflächlichen Erscheinungen der neueren Fachlitteratur.